Aus der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen
Direktor: Professor Dr. S. Weller

PSEUDARTHROSEN DES MITTLEREN FEMURSCHAFTES

– ERGEBNISSE EINER 10 JAHRESÜBERSICHT –

INAUGURAL – DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard–Karls–Universität
Tübingen

vorgelegt von

Dr. med. Jürgen Kratzenstein
aus Hahausen

1981

Aus der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen
Direktor: Professor Dr. S. Weller

PSEUDARTHROSEN DES MITTLEREN FEMURSCHAFTES

– ERGEBNISSE EINER 10 JAHRESÜBERSICHT –

INAUGURAL – DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard–Karls–Universität
Tübingen

vorgelegt von

Dr. med. Jürgen Kratzenstein

aus Hahausen

1981

Dekan: Professor Dr. K. Voigt

1. Berichterstatter: Professor Dr. F. Schauwecker
2. Berichterstatter: Professor Dr. S. Weller

gedruckt bei Fa. H. - J. Köhler , Reprografischer Betrieb , Tübingen

Herrn Prof. Dr. med. S. Weller und
Herrn Prof. Dr. med. F. Schauwecker gilt mein
herzlichster Dank für die Unterstützung beim
Verfassen der vorliegenden Dissertation

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Meinen Eltern in Dankbarkeit
gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EINLEITUNG	1
2. ENTSTEHUNG EINER PSEUDARTHROSE	6
1. Ausheilung einer Fraktur	6
2. Nichtausheilung einer Fraktur	8
3. DEFINITION UND EINTEILUNG DER PSEUDARTHROSEN	12
1. Definition	12
2. Einteilung	15
2.1. Pseudarthrosen	15
2.2. Infekt und Pseudarthrose	16
4. THERAPEUTISCHE MÖGLICHKEITEN BEI DEN FEMURPSEUDARTHROSEN	18
1. Konservative Therapie	18
2. Operative Therapie	19
2.1. Stabilisierung mittels eines intramedullären Nagels nach Aufbohren des Markraumes	20
2.2. Stabilisierung mit einer Druckplatten-osteosynthese	20
2.3. Externe Fixation	22
2.4. Zusatzmaßnahmen zur Anregung der Osteogenese	22
2.4.1. Spongiosaplastik	22
2.5. Verfahrenswechsel	23
3. Behandlungsprinzipien der	
3.1. atrophen Pseudarthrosen	25
3.2. hypertrophen Pseudarthrosen	25
3.3. Defektpseudarthrosen	25
3.4. Infektpseudarthrosen	25
5. MATERIAL UND METHODIK	28
1. Material	28
1.1. Vorgeschichte	30
1.2. Vorbehandlung	31

1.3. Behandlung in der BERUFSGENOSSENSCHAFTLICHEN UNFALLKLINIK Tübingen 37
1.3.1. Ausheilung der Pseudarthrose durch einen operativen Eingriff 39
1.3.2. Ausheilung der Pseudarthrose durch mehr als einen operativen Eingriff 40
1.3.3. Postoperativer Verlauf 42
2. Methodik 46
2.1. Ergebnisse nach einem Punktsystem 46
2.2. Ergebnisse nach dem Ausmaß der Bewegungseinschränkung 50
2.3. Alter und röntgenologische Konsolidierungsdauer 51
5.3. Zusammenfassung der Ergebnisse 52
6. DIKUSSION 55
7. ZUSAMMENFASSUNG 63

LITERATURVERZEICHNIS

1. E I N L E I T U N G

Die Pseudarthrose wird definiert als Zustand der Nichtausheilung einer Knochenfraktur nach einer bestimmten Zeit. Es kommt zu keiner knöchernen, sondern nur zu einer bindegewebigen Vereinigung der Bruchenden, welche dadurch gegeneinander beweglich bleiben (MÜLLER et al. 74; REHN 80; SCHLOSSER 87). Die zeitlichen Angaben, ab wann nach einer ausgebliebenen knöchernen Konsolidierung mit der Entstehung einer Pseudarthrose zu rechnen sei, schwanken erheblich. Es werden im Allgemeinen in der Literatur 4 - 8 Monate angegeben (KNAPP 39; SANDER et al. 83; WELLER 101; WESSINGHAGE et al. 108).

Die Klassifizierung der Pseudarthrosen richtet sich nach den erforderlichen therapeutischen Maßnahmen. Die Therapieplanung geht von der Überlegung aus, ob für die Wiederherstellung der Knochenkontinuität eine geeignete stabile Osteosynthese als alleiniger Eingriff ausreicht, oder ob die zusätzliche Anlagerung autologer Spongiosatransplantate zur Anregung der Osteosynthese erforderlich sei (CECH et al. 14; COTTA 17; JUDET 32; WELLER 101). Nach dieser Vorstellung genügt zur Ausheilung einer hypertrophen Pseudarthrose die Erzielung der interfragmentären Stabilität. Neben der stabilen Fixation verlangen die atrophe Pseudarthrose und die Defektpseudarthrose die Implantation einer Spongiosaplastik. Die Defektpseudarthrose kennzeichnet ein Substanzverlust, der atrophen Pseudarthrose fehlt die "osteogenetische Potenz" (CECH et al. 14; WITT 112).

Alle genannten Pseudarthrosenformen können früher einmal infiziert gewesen, oder noch infiziert sein.
Bei der Infektpseudarthrose sind neben der Stabilisierung der Fragmente weitere therapeutische Schritte angebracht,

um den Infekt zu sanieren (ARENS, 1; CECH et al. 14; FENGLER 24; GÖPPERT 25; MÜLLER et al. 74; SCHLOSSER et al. 88).

Einen geschichtlichen Überblick der Entwicklung in der Pseudarthrosenbehandlung gibt die Zusammenstellung der nachfolgend genannten Daten.

1770	CH. WHITE	Absägung der Knochenenden und Reizung mit Spießglanzbutter (Antimonchlorid)
1752 - 1811	F. WINSLOW	Einlegen eines Haarseiles zwischen die Bruchenden
1808 - 1894	L.W. DETMOLD	Subcutane Durchbohrung der Pseudarthrosenstelle und Belassen der Späne in den Bohrkanälen
1884	HÜTER	Resektion der Fragmentenden und deren Einstauchung ineinander, mit oder ohne Drahtnaht Zitate n. SCHARIZER (85)
1895	K. RÖNTGEN	Erste Skelettbilder
1907, 1913 1932	LAMBOTTE, KEY	Transfixation der Fragmente durch äußere Verspannung (36, 53)
1919, 1922 1925	E. LEXER	Verpflanzung menschlicher Fremd- und Eigenknochenspäne (57, 58, 59)
1930	M. KIRSCHNER	Knochenaufsplitterung (37)
1931	A. BECK	Anbohrung der Markhöhle ohne Osteosynthese (5)
1931	H. MATTI	Autologe Spongiosaplombe (65)
1935	F. PAUWELS	Umlagerungsosteotomie (77)
1940	M. BRANDES	Längsaufsägung (10)
1940	G. KÜNTSCHER	Marknagelung; wenigeJahre später mit Aufbohren der Markhöhle (43, 45)
1948	D.B.PHEMISTER	Anlagerung autologer Knochenspäne ohne Kallusentfernung (79)

1952	R. DANIS	Druckplatte für die Pseudarthrosenbehandlung (18)
1952	R. MAATZ	Verwendung heterologer, konservierter Späne vom Kalb ("Kieler Span" 62)
1953	H. GREIFENSTEINER	Kompressionsosteosynthesen bei Unterschenkelpseudarthrosen

Für dieses Verfahren verwendete GREIFENSTEINER (26) zwei über einen Bügel gespannte Kirschnerdrähte, welche nach Freilegung und Anfrischung die Fragmente aufeinanderpreßten.

Modifikationen der Marknagelung nach KÜNTSCHER wurden von K.H. HACKETHAL (27) mit der "Bündelnagelung", von L.V. RUSH mit dem "Rush-pin", und von H.J. KAESSMAN mit dem Kompressionsnagel angegeben (34).

Die ersten Versuche mit dem Gipsverband eine Fraktur zur Ausheilung zu bringen, finden sich in den Aufzeichnungen des Persers ABU MANSUR (Ende des 10. Jhd.), welche 1886 von dem holländischen Militärarzt A. MATTHIJSEN (64) wieder aufgegriffen wurden.

In unserer Zeit machen die verwendeten operativen Behandlungsmöglichkeiten die postoperative Gipsfixation überflüssig, weil schon durch die Osteosynthese eine ausreichende Ruhigstellung der Extremität erreicht wird. Ein weiterer Vorteil dieser Methode liegt im frühzeitigen Einsetzen der postoperativen Bewegungsübungen, um Sekundärschäden zu vermeiden (MÜLLER et al. 74; RUEDI et al. 82).

Operative Verfahren sind:

I. die (geschlossene) intramedulläre Nagelung mit Aufbohren der Markhöhle nach KÜNTSCHER, modifiziert nach den Erfahrungen der A O - T E C H N I K (74)

II. die (offene übungsstabile Immobilisierung der Fragmente durch die Druckplattenosteosynthese nach den Vorschlägen der SCHWEIZERISCHEN ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR OSTEOSYNTHESE (MÜLLER et al. 74)

III. die äußere Druckosteosynthese mittels Fixateur externe (CECH et al. 14; DEBRUNNER et al. 19; GREIFENSTEINER 26; MÜLLER et al. 18, 74)

In der Literatur finden sich unterschiedliche Angaben über die Häufigkeit der Femurpseudarthrosen nach konservativer bzw. operativer Therapie.
Eine vergleichende Darstellung der in den Publikationen mitgeteilten Zahlen ist nur bedingt möglich, da diese bezüglich Beobachtungszeitraum, Patientenzahl, Therapieverfahren und Lokalisation der Pseudarthrosen differieren.

SANDER et al. (83) ermittelten nach konservativer Behandlung (n=1248) sämtlicher langer Röhrenknochen einen Anteil von 1,1 % Pseudarthrosen, bzw. nach operativer Versorgung (n=365) 2,2 %. Die Femurschaftpseudarthrose war an beiden Behandlungsverfahren mit je 0,56 % beteiligt (10 - Jahresübersicht).

HARDT (29) errechnete in einer 5 - Jahresübersicht einen Anteil aller Schaftpseudarthrosen von 2,5 % unter 953o operativ versorgten Frakturen. Der prozentuale Anteil der Femurschaftpseudarthrosen liegt nach seinen Angaben bei 0,42 %.

SCHLOSSER (87) stellte nach einer 5 - Jahresübersicht fest, daß von 69 Pseudarthrosen langer Röhrenknochen, eine am Oberschenkelschaft aufgetreten sei.

KRAUSS et al. (42) berichten über die Entstehung von Pseudarthrosen nach Femurmarknagelungen (n=241) bei 0,15 % der Fälle.

KIRSCHNER et al. (38) geben ausführlichere Zahlen an, hinsichtlich der Pseudarthrosenentstehung nach Femurmarknagelungen. Sie fanden nach dem operativen Eingriff bei geschlossenen Frakturen (n=282) 6 Pseudarthrosen (n=2,1%), bzw. bei offenen Frakturen 2 Pseudarthrosen (6,5%). Nach Korrekturosteotomien, bestehenden Pseudarthrosen und pathologischen Frakturen, welche ebenfalls mit einem Marknagel versorgt wurden, traten 2 Pseudarthrosen auf (=4,3 % aufgrund einer 10 - Jahresübersicht).

Nach SANDER et al. (83) wird allgemein nach operativen Eingriffen, bzw. konservativen Maßnahmen mit 0,5 - 4,0 % an Schaftpseudarthrosen gerechnet.

Unsere Berechnungen der Jahre 1977 und 1978 ergaben einen prozentualen Anteil der Pseudarthrosen des mittleren Femurschaftes von 0,2 % am gesamten Krankengut (20 Fälle von 10310).

In dieser Arbeit soll anhand von 71 Fällen der Jahre 1969 bis 1979 katamnestisch untersucht werden, welche Erfahrungen bei der Therapie der Oberschenkelschaftpseudarthrosen des mittleren Drittels hinsichtlich der jeweils angewandten Osteosyntheseverfahren gemacht wurden.

2. ENTSTEHUNG EINER PSEUDARTHROSE

2.1. Ausheilung einer Fraktur

Bei der ungestörten Knochenbruchheilung sind grundsätzlich zwei Formen zu unterscheiden:
primäre bzw. sekundäre Frakturheilung (CECH et al. 14; KÜNTSCHER 47; MÜLLER et al. 73; WILLENEGGER et al. 109).

Als sekundär bezeichnet man die Heilung durch eine interfragmentäre Kallusbrücke (CECH et al. 14). Der ungestörte Ablauf dieser Regenerationsvorgänge ist abhängig vom Bestehen ausreichender mechanischer Ruhe im Frakturspalt. Erreicht werden soll diese durch folgende Mechanismen:
- den von PAUWELS (78) beschriebenen, bindegewebigen und knorpeligen Verspannungsmechanismus
- und die von MÜLLER et al. (73) untersuchte Querschnittsvergrößerung infolge zunehmender Breitenausdehnung des Kallus, welche besagt, daß bei konstant einwirkender Kraft, eine Abnahme der Spannung und Dehnung im Gewebe zu erwarten sei.

CECH et al. (14) fordern die Erfüllung zweier Bedingungen für eine ungestörte sekundäre Frakturheilung:
- "Ruhigstellung in irgendeiner Form von genügender Wirksamkeint, so daß im Sinne von PAUWELS das ruhig stehende Leergerüst aufgebaut werden kann. Erst jetzt unter strikter Ruhigstellung der Fragmente, ist eine Verknöcherung möglich".
- "Blutzirkulationen im Frakturgebiet, so daß eine Gefäßsprossung und Verknöcherung des Leergerüstes möglich wird".

WILLENEGGER et al. (109) unterscheiden innerhalb der primären Knochenbruchheilung, die sog. Kontaktheilung von der sog. Spaltheilung.

Die Kontaktheilung läuft ab, an Orten unmittelbarer Berührung der Kortikalis, wobei die Knochenregeneration über "longitudinal gerichtete neue Osteome" erfolgt. Die Osteoklasten- und die Osteoblastentätigkeit laufen gleichzeitig ab, und verhindern damit "formverändernde Resorptionserscheinungen", die zur Instabilität führen können.

Bei der Spaltheilung findet man ein leichtes Klaffen der Kortikalis. Der Frakturspalt wird ebenfalls primär durch Knochengewebe ausgefüllt, ohne Ausbildung der bindegewebigen - knorpeligen Vorstufen. Im Gegensatz zur Kontaktheilung wachsen hier die Gefäße aus der Umgebung in die Spaltzone ein.

"Sowohl bei der Kontakt- als auch bei der Spaltheilung folgen die neugebildeten Kapillaren den Osteoklasten, welche einen Resorptionskanal herstellen, in dem die Osteoblasten, die Osteome mit dem Frakturspalt verzapfen können" (CECH et al. 14).

2.2. Nichtausheilung einer Fraktur und Pseudarthrosenentstehung

Die gestörte Knochenbruchheilung durchläuft die gleichen Regenerationsstadien, wie bei der Sekundärheilung. Es entsteht bindegewebiger, knorpeliger und provisorischer Kallus, s. Abb. 1 (CECH et al. 14; HAMPERL 28; PAUWELS 78; WITT 110).

PAUWELS (78) beschreibt 1940 in seiner "Biomechanik der Frakturheilung" daß die Osteome nur bei absoluter mechanischer Ruhe im Frakturbereich aufgebaut werden können, damit sie den Zug-, Druck-, Schub- und Scherkräften widerstehen. Die Verknöcherung bleibt aus, wenn die Störkräfte nicht beseitigt werden. Die Ausdifferenzierung des Unruhekallus zum Fixaktionskallus unterbleibt.

Gelingt es den "zur spezifischen Leistung befähigten Periost- und Endostzellen, die provisorische und letztlich endgültige Brückenbildung zwischen den unterbrochenen Knochenstücken zu bilden" (HAMPERL 28), kommt es zur Ausheilung. Sind aber die Bruchenden durch Störfaktoren zu weit von einander getrennt oder verschoben, so ist mit der Entstehung einer Pseudarthrose zu rechnen (CECH et al. 14; HAMPERL 28; MÜLLER 69).

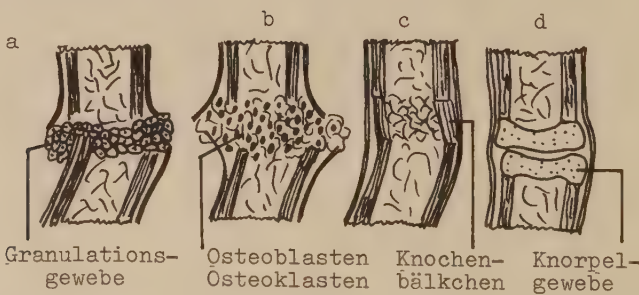


Abb. 1 Frakturheilung: a - provisorischer Füllkallus aus Granulationsgewebe; b - frischgebildeter Faserknochen; c - definierter knöcherner Kallus; d - Pseudarthrose nach einer Fraktur (Aus: ZOLLINGER, Pathologische Anatomie)

ČECH et al. (14) beschreiben die Pseudarthrose als einen Zustand, welcher mit kräftiger Kallusbildung und dem Ausbleiben der Verknöcherung in der knorpeligen interfragmentären Zone gekennzeichnet ist. Dieser Faserknorpel entsteht in den Druckzonen, wo das Interfragmentärgewebe an ein knöchernes Widerlager grenzt (SCHENK et al. 86). In diesem Grenzbereich, bestehend aus Knorpel-, Knochensubstanz, Gefäß- und Zellreichtum finden intensive destruktive und konstruktive Umbauvorgänge statt, die den Frakturspalt nicht zu überbrücken vermögen (MÜLLER 69).

HAMPERL (78) sieht in der überschüssigen Kallusbildung, "Kallus luxurians", eine zu "spezialisierte Differenzierungsleistung der Bindegewebs- und Stützzellen", deren Fähigkeit vermindert ist durch Wachstum und Differenzierung verlorengegangenes Gewebe zu ersetzen, und letztlich degenerieren (s. auch SCHENK et al. 86).

Die mechanische Unruhe wird als eine der Hauptursachen in der Pseudarthrosenentstehung angesehen, und vor allem einer fehlerhaften Frakturbehandlung angelastet (BÖHLER 9; ČECH et al. 14; DÜRR 20; KNAPP 39; MATZEN 68; MÜLLER et al. 72; REHN 80; 81; SANDER et al. 83; SCHLOSSER et al. 87, 88; SCHRAMM 89; STÖHR 97; VORHOEVE et al. 100; WELLER 101, 105; WESSINGHAGE et al. 108; WITT 110).

Neben der Instabilität (s. Abb. 2)., die zur Nichtausheilung einer Fraktur führt, wird als zwiete wichtige Ursache eine Minderdurchblutung erörtert. Der Grund für eine reduzierte Blutzirkulation kann eine mechanische Unruhe sein, die die Gefäßeinsprossung im Verlaufe der Differenzierung des Frakturblastems zum Fixationskallus, Faserknorpel und Faserknochen stört (ČECH et al. 14; JUDET et al. 33; MÜLLER et al. 69; REHN 80; SCHENK et al. 86),

Weitere Gründe für eine schlechte Durchblutung sind die Fragmentdevitalisation, z.B. nach Etagenbrüchen mit der Ausbildung von Sequestern, Knochendefekten und Weichteilinterposition (CECH et al. 14; DÜRR 21; REHN 80, SCHLOSSER et al. 88; SCHRAMM 90; WELLER 101; WESSINGHAGE et al. 108; WITT 110).

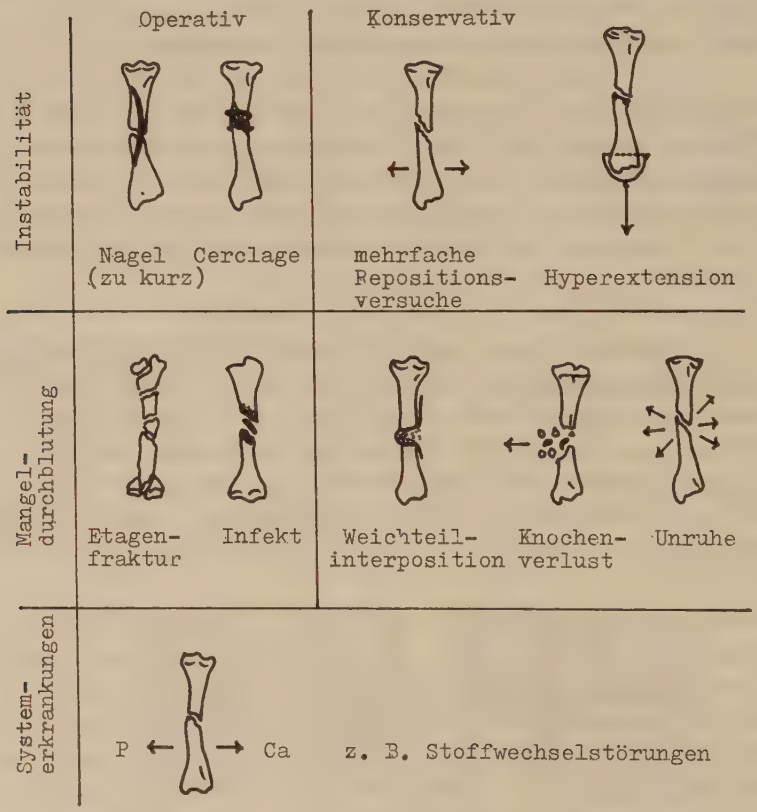


Abb.2 Ursachen der Pseudarthrosenbildung (nach SCHLOSSER et al. 88)

Allgemeine Ursachen, wie Störungen des Elektrolythaushaltes, endokrine Erkrankungen und Neoplasmen spielen in der Statistik eine untergeordnete Rolle (REHN 80; WESSINGHAGE et al. 108; WITT 107;

3. DEFINITION UND EINTEILUNG DER PSEUDARTHROSEN

3.1. Definition (s. Tab. 1)

MÜLLER et al. (74), REHN (80) und SCHLOSSER (87) verstehen unter dem Begriff der Pseudarthrose das Ausbleiben der Verbindung zweier Knochenfragmente, welche nur durch Bindegewebe vereinigt werden und gegeneinander beweglich bleiben.

Da die normale Knochenbruchheilung am Femurschaft 8 - 14 Wochen dauert, eine Pseudarthrose definitionsgemäß erst ab etwa 5 Monaten (WELLER 101) manifest ist, erscheint es zweckmäßig, zwischen der Knochenbruchheilung und der Pseudarthrosenentstehung, eine Zeit der verzögerten Knochenbruchheilung zu unterscheiden.

Die differentialdiagnostischen Abgrenzungen einer verzögerten Frakturheilung von einer Pseudarthrose sind fließend. Die Einordnung des Befundes zu diesem oder jenem Krankheitsbild geschieht nach empirischen Gesichtspunkten (CECH et al. 13, 14).
Als Vergleichswert dient der Zeitraum, nachdem aufgrund eines statistischen Mittelwertes normalerweise die Knochenbruchheilung zu erwarten wäre.
SCHLOSSER (87) gibt eine Ausheilungsdauer von 8 - 14 Wochen an. Wird dieser Zeitraum überschritten, kann man von einer verzögerten Frakturheilung sprechen (KNAPP 39; MÜLLER et al. 74; REHN 80; SPIER 96; WELLER 101).

Die klinische Symptomatik dieses Krankheitsbildes besteht aus fortgesetzten belastungsabhängigen Beschwerden, dem Auftreten einer Schwellung und der Auslösbarkeit von Wackel.

bewegungen (KNAPP 39; SPIER 95).

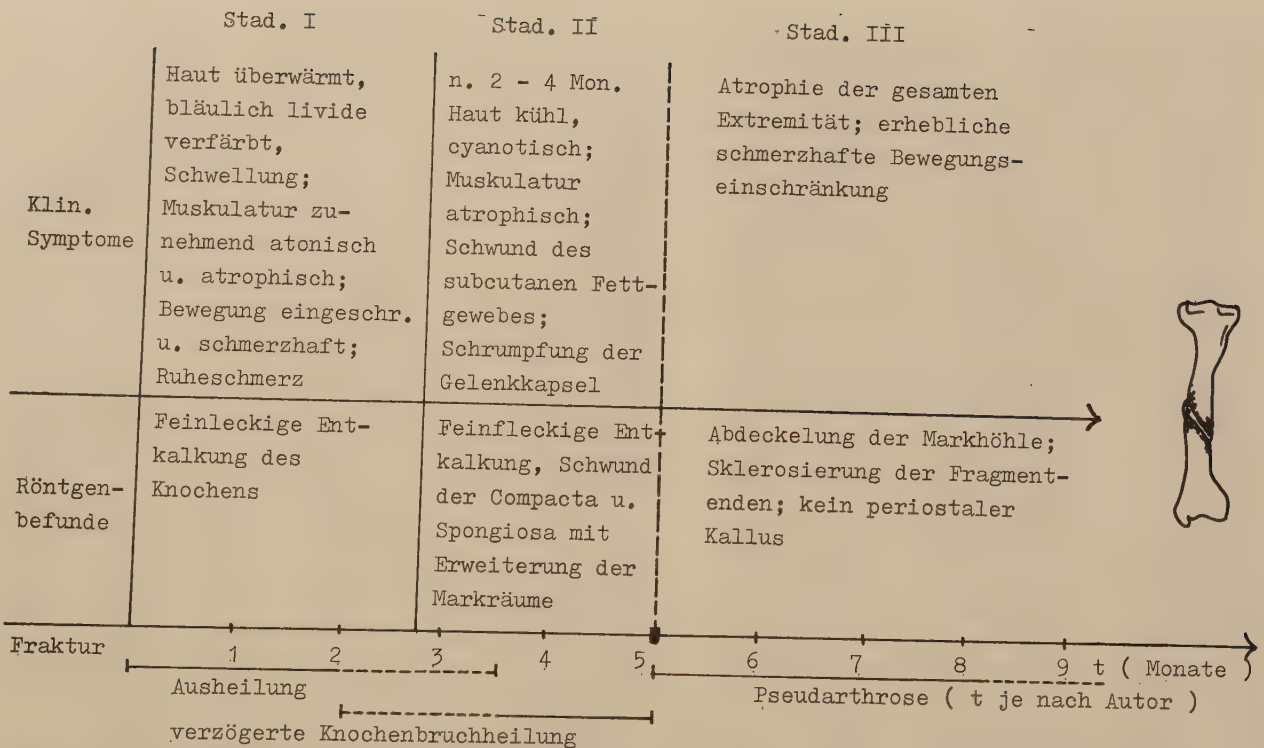
Im Röntgenbild bleibt der Frakturspalt sichtbar (KNAPP 39; SPIER 95; THURN et al. 99).

Die Hinweise in der Literatur, wann nach nicht eingetretener Konsolidierung einer Fraktur, die Diagnose Pseudarthrose erstellt werden darf, sind unterschiedlich.
SANDER et al. (83) geben 4 - 6 Monate an, KNAPP (39) 4 - 8 Monate. WESSINGHAGE (108) legt sich auf ungefähr 8 Monate fest. WELLER (101) rechnet mit dem Auftreten einer Pseudarthrose ab dem fünften Monat. Er fügt allerdings hinzu, daß diese Angabe nur den Vergleich der Behandlungsergebnisse erleichtern sollte. Ähnlich äußern sich SCHWEIBERER et al. (93), sie legen zwischen "Behandlungsbeginn und der Feststellung des Sachverhalts" eine Zeitspanne von 4 - 8 Monaten.

Dieser Arbeit wird die Definition der Pseudarthrose von WELLER (101) zugrunde gelegt, d.h. eine ausgebliebene Konsolidierung eines Knochenbruches nach 5 Monaten, mit folgenden röntgenologischen Zeichen:
- Glättung der Fragmentenden
- Weitenzunahme des Frakturspaltes durch Resorption der Bruchenden
- Eburnisation und Abrundung der Fragmente
- Fehlen eines knöchernen periostalen Kallus (JUDET et al. 32; REHN 80; THURN et al. 99; WITT 110).

Die klinischen Befunde einer Pseudarthrose entsprechen den bei der verzögerten Knochenbruchheilung erhobenen.

Im histologischen Präparat erkennt man bei einer bestehenden Pseudarthrose zwischen den sklerosierten Knochenenden Faserknorpel und Bindegewebszellen, welche nach Beanspruchung einen mit Synovia gefüllten Hohlraum ausbilden können, und dann als Nearthrose bezeichnet werden (MATZEN 68).



Tab. 1 Verlaufsdiagnostik der verzögerten Knochenbruchheilung, Pseudarthrosenbildung anhand klinischer und röntgenologischer Kriterien. Stadieneinteilung nach LEGER et al. (54)

3.2. Einteilung

Die nachfolgende Einteilung berücksichtigt die erforderlichen therapeutischen Maßnahmen, und zwar, ob zum einen die Wiederherstellung der Stabilität als alleinige Behandlung zur Ausheilung ausreicht, oder ob zusätzlich die Anlagerung osteogenetischer Transplantate notwendig ist (CECH et al. 14; COTTA 17; JUDET et al. 32; WELLER 101).

3.2.1. Es werden unterschieden, die

- hypertrophe
- atrophe
- Defektpseudarthrose (s. Abb. 3)

Die hypertrophe Pseudarthrose gehört nach CECH et al. (14) in die Gruppe der biologisch reaktionsfähigen bzw. vitalen, hypervaskulären Pseudarthrosen. CECH et al. (14) rechnen hierzu auch die sog. "Pferdefußpseudarthrose" und die sog. "oligotrophe Pseudarthrose". Die genannten Erscheinungsbilder unterscheiden sich lediglich im Ausmaß der Kallusbildung. Das gemeinsame Merkmal dieser Gruppe ist, daß eine Ausheilung allein durch interfragmentäre Stabilität erzielt werden kann (CECH et al. 14).

Zur Gruppe der biologisch reaktionsunfähigen bzw. avitalen, avaskulären Pseudarthrosen zählen CECH et al. (14) die atrophe und die Defektpseudarthrose. Eine Ausheilung gelingt hier neben der stabilen Fixation, durch das Einbringen einer Spongiosaplastik.
Die Defektpseudarthrose kennzeichnet ein Substanzverlust, sei er bereits bei der frischen Fraktur, oder durch einen Infekt (Sequester), oder durch eine Resektion beispielsweise bei einem Knochentumor eingetreten (CECH et al. 14)

Der atrophen Pseudarthrose fehlt die osteogenetische "Potenz" (SEGMÜLLER et al. 95).

Abb. 3 Einteilung der aseptischen Pseudarthrosen. a - hypervaskuläre Elefantenfußpseudarthrose; b, c avaskuläre Pseudarthrosen; b - Defektpseudarthrose, c - atrophe reaktionslose Pseudarthrose (Umzeichnung nach CECH et al. 14)

3.2.2. Infekt und Pseudarthrose

Die wechselseitige Beeinflussung von Entzündung und Instabilität führen über eine Phase der verzögerten Knochenbruchheilung zur Ausbildung einer Infektpseudarthrose, in deren Endphase die regenerativen Heilungsvorgänge des Organismus erschöpft sind (BÖHLER 8; CONTZEN 15).

Analog den aseptischen Pseudarthrosen unterscheidet man, die hypertrophe (hyperämische) von der atrophen (anämischen) Pseudarthrose.

Die hypertrophe Pseudarthrose ist allein durch Stabilität und Druck zur Ausheilung zu bringen.
Die erschöpften Knochenbildungsvorgänge der atrophen Pseudarthrose werden durch die Implantation einer autologen Spongiosaplastik angeregt (CECH et al. 14). Zur Vermeidung einer Infektion der Entnahmestelle wird die Spongiosa zuerst entnommen, und anschließend zusammen mit einer stabilen Osteosynthese eingesetzt (CECH et al. 14). Die weiteren therapeutischen Vorgänge sind in Kapitel 4.3.4 beschrieben.

4. THERAPEUTISCHE MÖGLICHKEITEN BEI DEN FEMURPSEUDARTHROSEN

4.1. Konservative Therapie

Die Bemühungen mit nicht operativen Maßnahmen eine Ausheilung der Pseudarthrose zu erreichen, haben heute nur noch geschichtliches Interesse. Nach der Meinung vieler Autoren wird die grundsätzliche Notwendigkeit operativer Verfahren bei der Behandlung jeder Pseudarthrose gefordert (AUBIGNE 2; BÖHLER 9; CECH et al. 14; KNAPP 39; KÜNTSCHER 44, 50, 51; LEXER 60; MATZEN 67; MÜLLER et al. 72, 74; REHN 80; SANDER et al. 83; SCHENK et al. 86; SCHLOSSER et al. 87, 88; WELLER 101, 103; WELLER et al. 106; WESSINGHAGE et al. 108; WITT 107, 108).

Eine der wenigen Ausnahmen von dem oben gesagten, bildet die Anwendung eines Schienenhülsen-, Schienenschellenapparates, oder der HOHMANN - Bandage, wenn die Operationsfähigkeit des Patienten, z.B. durch eine interne Erkrankung eingeschränkt oder aufgehoben ist (WITT 110).

WESSINGHAGE et al. (108) stellten 1976 fest, daß die sog. äußere Immobilisierung durch einen Schienen- und Gipsverband mit oder ohne Gewichtsextension als therapeutisches Mittel ausfallen, weil sie durch die erforderliche längere Ruhigstellung (im Vergleich mit den operativen Maßnahmen) zu irreversiblen Gelenk- und Weichteilschäden mit hochgradiger Funktionseinbuße führen kann. BÖHLER (8) ist ähnlicher Meinung, er sagt, daß "auch mit genügend langer Ruhigstellung jede Pseudarthrose zur Ausheilung gebracht werden kann, aber um den Preis eines sekundären Ruheschadens" (s. auch WELLER 102).

4.2. Operative Therapie

Die Ziele der Pseudarthrosenoperation müssen sein, "die knöcherne Durchbauung des Falschgelenkes und die Wiederherstellung einer bestmöglichen Funktion, d.h. die Gebrauchsfähigkeit der betroffenen Gliedmaße" (REHN 80), und zwar innerhalb einer kurzen Behandlungszeit.

Diese Grundforderungen sind nach den Vorschlägen der SCHWEIZERISCHEN ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR OSTEOSYNTHESE (AO) für den Eintritt einer raschen knöchernen Konsolidierung zu erfüllen (MÜLLER et al. 74):

- Interfragmentäre, mechanische Stabilität mit anschließender primärer Knochenheilung

- Implantation von autologer Spongiosa bei Substanzverlust, zur Überbrückung einer Trümmerzone und zur Neuentfachung der osteogenetischen Potenz im Pseudarthrosengebiet

- Funktionelle Nachbehandlung bei stabiler Osteosynthese

Im Einzelnen werden unterschieden:

- Maßnahmen, die mechanische Stabilität erzeugen über eine

direkte Osteosynthese, mittels
- Marknagel nach Aufbohren
- Druckosteosynthese mittels Platte

indirekte Osteosynthese, mittels
Fixateur externe

- Zusatzmaßnahmen, wie
Anfrischung
Dekortikation
Spongiosaplastik

4.2.1. Stabilisierung mittels eines intramedullären Nagels nach Aufbohren des Markraumes (KÜNTSCHER 43, 44, 47; LEGER et al. 56).

Der intramedulläre Kraftträger (s.Abb. 4) wird vorzugsweise bei Frakturen und Pseudarthrosen im mittleren Femurschaftdrittel empfohlen (AUBIGNE 2; CECH et al. 14; HOLZ 31; KNAPP 39; KRAUSS et al. 42; KÜNTSCHER 43, 46, 47, 51; MATZEN 67; MÜLLER 70, 72; MÜLLER et al. 72, 74; SANDER et al. 83; SCHLOSSER et al. 88; STÖHR 97; WELLER 101, 103, 104; WESSINGHAGE et al. 108; WITT 110, 111).

Die Verwendung der Druckplattenosteosynthese am mittleren Femurschaft ist nach Ansicht von MÜLLER et al. (72) eingeschränkt, denn nach der Metallentfernung kann es infolge Spongiosierung der Corticalis vermehrt zu einer Refraktur kommen.

4.2.2. Stabilisierung mit einer Druckplattenosteosynthese (MÜLLER 71; MÜLLER et al. 74)

a b c

Abb. 4 Indikationen zur Druckplattenosteosynthese oder Marknagelung: a - Pseudarthrose im distalen oder proximalen Drittel; b - Pseudarthrose im mittleren Schaftdrittel; c - Substanzdefekt erfordert Platte und Spongiosaplastik

Folgende Möglichkeiten der Druckausübung stehen zur Verfügung:

- die axiale Kompression mittels Zuggurtungsplatte

- die interfragmentäre Kompression durch Zugschrauben kann im Corticalisbereich mit einer Neutralisationsplatte kombiniert werden

- über Winkelplatten, verwendbar als Zuggurtungs-, Neutralisations- und Abstützungsplatten. Indikation im distalen und proximalen Femurschaftbereich.

4.2.3. Stabilisierung durch eine äußere Druckosteosynthese mittels Fixateur externe oder Wagnerschem Apparat

Diese Methode der Transfixation bietet folgende Vorteile:

- Regulierung des Druckes auch postoperativ durch liegende Schrauben
- Installation abseits vom Focus (bei septischen Pseudarthrosen)
- Möglichkeit, z.B. Spongiosa von dem nichtinfizierten Gebiet überbrückend anzulagern

4.2.4. Zusatzmaßnahmen zur Anregung der Osteogenese

4.2.4.1. Spongiosaplastik

Man unterscheidet heterologe, homologe und autologe Transplantate.

Das heterologe Transplantat ist wegen der ungünstigen immunbiologischen Reaktionen in seiner Anwendung eingeschränkt (BURRI 12).

Die homolge Transplantation von Knochensubstanz wird heute gleichfalls von der Mehrzahl der Autoren abgelehnt (AXHAUSEN 3; WITT et al. 113), weil die Induktion zur Osteogenese nicht ausreichend sei, und die Osteoblasten des Transplantates nach kurzer Zeit degenerieren (MAATZ 61, 62; SCHWEIBERER 92).

Die Verpflanzung eines autologen Transplantates bietet die beste Aussicht auf Anregung der Knochenneubildung (AXHAUSEN 3; KUNER et al. 52; SCHRAMM 91; SCHWEIBERER 92). Die Osteoblasten regen direkt, die Interzellularsubstanz indirekt den Knochenaufbau an (SCHWEIBERER 92). MAATZ et al. (63), WITT (110) geben als Erklärung hierfür das Gefäßreichtum und die hohe Umbaurate in der Spongiosa an.

In der Vergangenheit wurde die Pseudarthrose mit einem periostbedecktem, autologen Span überbrückt, nachdem die Markhöhle freigelegt war (MATZEN 68). PHEMISTER (79) legte dagegen seinen Knochenspan subperiostal im Bereich des Falschgelenkes an, ohne vorher die Markhöhle zu eröffnen.

Die Spaneinfalzung und die Spanbolzung wurden bei den Defektpseudarthrosen vorgeschlagen, so z.B. der LEXER-Span (MATZEN 68).

Der reinen Spongiosaplastik wird die größte osteogenetische Wirkung zugesprochen (BURRI 11; CECH et al. 14; COTTA 16; HOLMSTRAND 30; MATTI 65; SCHWEIBERER 92; WITT 111).

4.2.5. Verfahrenswechsel

Die Pseudarthrosen im mittleren Femurschaftdrittel bieten eine ideale Indikation für die Behandlung mit dem Marknagel (CECH et al. 14; HOLZ 31; KNAPP 39; KÜNTSCHER 43, 44, 46, 51; MÜLLER 70, 72; MÜLLER et al. 74; SCHLOSSER et al. 88; WELLER 101, 103; WITT 110, 111).

Die Verwendung der Druckplatte ist in diesem Knochenabschnitt ungünstig,

- weil sie hier weniger Stabilität bietet, als ein Nagel

- weil durch die Spongiosierung nach der Metallentfernung eine Refraktur möglich ist

- weil in diesem Knochenabschnitt mit Durchblutungsstörungen besonders bei einer atrophen Pseudarthrose zu rechnen sei (CECH et al. 14).

So ist für die Versorgung grundsätzlich ein Marknagel anzustreben und eine vorbestehende Plattenosteosynthese möglicht durch eine Nagelosteosynthese zu ersetzen, was wegen der verzögerten Frakturheilung aufgrund der technisch nicht ausreichenden Osteosynthese zu erwarten ist.

Auch eine Reosteosynthese mit einem Marknagel ist zulässig, denn sie führt nicht zu einer Verminderung der Corticalisdurchblutung (CECH et al. 14). Dagegen halten CECH et al. (14) den Austausch des Marknagels gegen eine Druckplatte nicht für sinnvoll, da erhebliche Durchblutungsstörungen im Corticalisbereich auftreten können.

Einige wenige Spezialfälle, z.B. der Plattenbruch bei bestehender Pseudarthrose nach einer Trümmerfraktur mit nekrotischen Fragmenten, erfordern jedoch eine erneute Druckplattenosteosynthese mit einer Spongiosaplastik. Ein eingebrachter Nagel würde die schon bestehenden ungünstigen Durchblutungsverhältnisse durch Reduzierung der medullären Gefäßversorgung weiter verschlechtern (CECH et al. 14).

Ebenso ist ein Verfahrenswechsel dann nicht angebracht, wenn zur Überbrückung von nekrotischen Zonen oder Defekten eine Einlagerung von autologer Spongiosa erforderlich ist, und die Platte gleichzeitig als Distanzhalter dienen muß (AXHAUSEN 3; BURRI 11; CECH et al. 14; COTTA 16; WITT 110, 111).

4.3. Behandlungsprinzipien der atrophen, hypertrophen, Defekt- und Infektpseudarthrosen.

4.3.1. Atrophe Pseudarthrose

Die Behandlung besteht in der Erzielung einer stabilen Osteosynthese mit ausgedehnter Dekortikation, und der Anlagerung autologer, spongiöser bzw. cortico-spongiöser Knochenspäne zur Erzeugung eines osteogenen Reizes (CECH et al. 14; WESSINGHAGE et al. 108).

4.3.2. Hypertrophe Pseudarthrose

Diese Form der Pseudarthrose benötigt lediglich eine stabile Osteosynthese zur Ausheilung. Bei den Schaftpseudarthrosen werden die Fragmentenden nach Aufbohren der Markhöhle mit einem Marknagel gegeneinander fixiert (CECH et al. 14; WESSINGHAGE et al. 108).

4.3.3. Defektpseudarthrose

Das Anlegen einer überbrückenden Platte, ausgedehnte Dekortikation und Einbringen von autologer Spongiosaplastik können diese Pseudarthrosenart zur Konsolidierung bringen (CECH et al. 14; LECHER 55; WESSINGHAGE et al. 108; WITT 112).

4.3.4. Infektpseudarthrose (s. Tab. 2)

Alle oben genannten Pseudarthrosenformen können oder konnten

infiziert sein.
Die erste Phase der Behandlung besteht hier nach Möglichkeit in der Überführung der akuten Entzündung durch Ruhigstellung, lokale entlastende Eingriffe und gegebenenfalls systemische Verordnung von Antibiotika, in ein chronisch blandes Stadium. In einer zweiten Phase erfolgt die eigentliche Stabilisierung, welche entweder intern oder extern, immer in Verbindung mit einer Spül-Saug-Drainage vorgenommen wird. Die Spongiosaanlagerungen geschehen normalerweise von der nicht infizierten Seite aus, meist in einem gesonderten Eingriff.

Mögliche Verfahren der Osteosyntheseversorgung sind hier ebenfalls, aller in umgekehrter Reihenfolge:

- die äußere Osteosynthese
- die innere Plattenosteosynthese
- die Marknagelung (in Ausnahmefällen)

Die Vor- und Nachteile der genannten Verfahren zur Versorgung der Infektpseudarthrosen sind in der Tab. 2, Seite 27, zusammengefaßt.

Begleitende Behandlungsmaßnahmen in der Infektbehandlung sind:

- Spül-Saug-Drainage, Sequestrotomie und Weichteilsanierung, (Transplantate mit mikrochirurgischem Gefäßanschluß), Gentamycin-Pallacos-Ketten.

Durch die möglichst geschlossene Spül-Saug-Drainage wird die lokale Infektion bekämpft, Hämatom- und Ödembildung vermieden und das infizierte Gebiet gereinigt, wobei eine genaue ausgeglichene Bilanzierung von Zu- und Ausfuhr der Spülflüssigkeit entscheidend wichtig ist (CEGH et al. 14; CONTZEN 15; DEBRUNNER et al. 19).

Die Zugabe von Antibiotika oder Antiseptika zur Spülflüssigkeit ist in der Regel entbehrlich (BURRI 12).

	Vorteile	Nachteile
Fixateur externe, äußerer Rohrspanner	Kein Fremdkörper im Focus; Druck von außen nachregulierbar; funktionelle Nachbehandlung	Im Bereich des Femur nur mit Schwierigkeiten ausreichend rigide auszuführen
Plattenosteosynthese	In der Regel bessere Rigidität als die äußere Fixation; funktionelle Nachbehandlung	Fremdkörper im Focus; Druck sinkt, wenn knöcherne Konsolidierung nicht in weniger als 3-4 Monaten erfolgt (SCHMELZEISEN 89) Durchblutung der Weichteile u. Periost gestört
Marknagel	Periost u. Weichteile geschont; Anregung der Osteoblastentätigkeit durch Aufbohren im Pseudarthrosengebiet; hohe Stabilität; funktionelle Nachbehandlung	Erhöhte Möglichkeit der Fremdkörper im Focus; Infektausbreitung und Markphlegmone

Tab. 2 Vor- und Nachteile der Verfahren zur Versorgung der Infektpseudarthrosen

5. MATERIAL UND METHODIK

5.1. Material:

An der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik in Tübingen wurden in den Jahren 1969 bis 1978 71 Patienten mit der Diagnose "Oberschenkelpseudarthrose im mittleren Schaftdrittel" behandelt; in einem Falle waren beide Femora im Sinne einer Falschgelenkbildung verändert.

Hier wurde in 25 Fällen (einschließlich zweier septischer Pseudarthrosen) zur Ausheilung ein Marknagel mit Aufbohren verwendet, 2 mal wurde zusätzlich homologe und 1 mal autologe bzw. heterologe Spongiosa implantiert (s. Abb. 6 und Kap. 5.1.3.1. und 5.1.3.2.)

Eine Druckplattenosteosynthese wurde in 16 Fällen vorgenommen. In weiteren 15 Fällen wurden neben der Plattenosteosynthese je ein autologes Spongiosatransplantat eingebracht. 11 der genannten Fälle waren infiziert, davon wurden 5 mit einer A O - Druckplatte und 6 zusätzlich mit einer autologen Spongiosaplastik versorgt (s. Abb. 6 und Kap. 5.1.3.1. und 5.1.3.2.).

Insgesamt waren von 71 Fällen 18 infiziert (s. Abb. 6, Kap. 5.1.3.1. und 5.1.3.2.).

Die Nachuntersuchung erstreckte sich bis zum Abschluß der ambulanten Behandlung bzw. bis zur Metallentfernung.

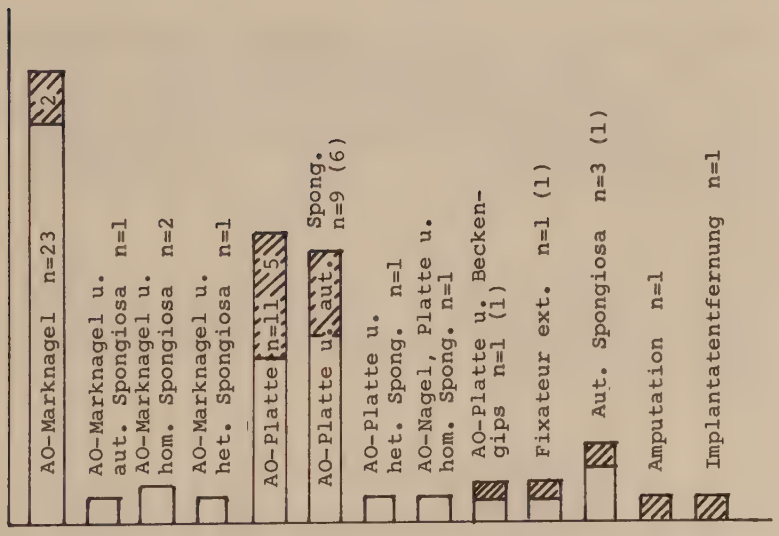


Abb. 5 Zusammenfassende Darstellung der Pseudarthrosentherapie in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik in Tübingen (s. auch Kap. 5.1.3.1. und Kap. 5.1.3.2.)

□ - aseptische Pseudarthrosen
▨ - septische Pseudarthrosen

5.1.1. Vorgeschichte

Zum Unfallzeitpunkt wurden unter den 71 Fällen 17 offene Verletzungen festgestellt, d.h. bei ca. einem Viertel aller Fälle.

Bei den Verletzten handelte es sich um 62 Männer und um 9 Frauen. 18 männliche Patienten waren weniger als 20 Jahre alt, 20 jünger als 30 Jahre. Etwas mehr als die Hälfte der Patienten hatten zur Unfallzeit das zweite Lebensjahrzehnt noch nicht vollendet. Das Durschnittsalter (Frauen und Männer) betrug am Unfalltag 29, 7 Jahre (3 - 62 J.).

Der rechte Oberschenkel war bei 37 Verunglückten, der linke bei 33 betroffen. In einem Fall waren beide Beine verletzt (s. Tab. 3).

Seitenverteilung	(n)
rechts	37
links	33
beide	1
S (n)	71

Tab. 3 Seitenverteilung der durch den Unfall geschädigten Extremitäten.

30 Patienten erlitten weitere Frakturen und Luxationen. Bei 13 Patienten trat zusätzlich eine Weichteilverletzung auf. Ein Schädel-Hirntrauma wurde in 15 Fällen diagnostiziert (s. Tab. 4).

Weitere Frakturen, Luxationen	30
Weichteilverletzungen	13
Schädel-Hirntrauma	15
S (n)	58

Tab. 4 Nebenverletzungen

Die Operationshäufigkeit in der Vorbehandlung ist der Tabelle 5 zu entnehmen. 38 Verletzte wurden mehrfach operiert, 31 einmal.

n	Operationen
2	Ø
31	1
29	2
8	3
1	4
S (n) 71	

Tab. 5 Operationshäufigkeit in der Vorbehandlung.

5.1.2. Vorbehandlung

Die Dauer der Vorbehandlung reicht vom Unfalltag bis zum Zeitpunkt der stationären Aufnahme zur letztlich sanierenden Behandlung (s. Abb. 7).

Das Pseudarthrosenalter (s. auch S. 37 Def. "mittleres Pseudarthrosenalter") wird definiert als Zeitabschnitt, beginnend mit dem Unfalltag bis zum Operationstag, welcher den letztlich sanierenden Eingriff enthält (s. Abb. 7).

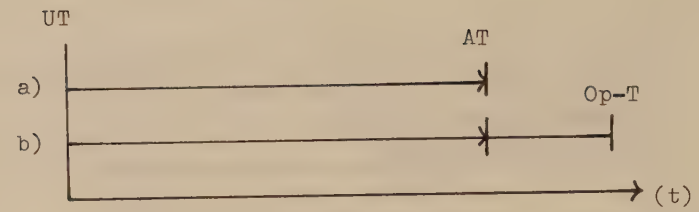


Abb. 6 a- Definition der Vorbehandlung: Zeitraum (t) vom Unfalltag (UT) bis zum Tag der stationären Aufnahme (AT) zur endgültigen Therapie;
b- Definition des Pseudarthrosenalters: Zeitraum (t) vom Unfalltag (UT) bis zum Operationstag (Op-T), welcher den letztlich sanierenden Eingriff begründet.

Die Erstversorgung von 8 Fällen bestand in konservativem Vorgehen, woraus in der Folge 3 hypertrophe, 4 atrophe und 1 Defektpseudarthrose entstanden sind. 24 Frakturen wurden mit einer Druckplatte versorgt, daraus bildeten sich 10 hypertrophe, 11 atrophe und 3 Defektpseudarthrosen. Der Marknagel wurde bei 33 Patienten zur primären Osteosynthese verwendet. Es traten im Verlaufe der Behandlung 20 hypertrophe, 9 atrophe und 4 Defektpseudarthrosen auf. Von den genannten Pseudarthrosentypen waren insgesamt 16 infiziert, wovon 10 auf die mit einer Druckplatte versorgten Frakturen entfielen (s. Tab. 6). In 2 Fällen wurde der Patient nicht vorbehandelt. In einem Fall waren beide Femora betroffen (deshalb n=72).

Art der Erstversorgung	spätere Pseudarthrosen hyp. Ps.	atr. Ps.	Defektps.	Su	Inf.ps.
Kons. Th.	3	4	1	8	3
Druckplatte	10	11	3	24	10
Marknagel	20	9	4	33	5
Rush-pin	3	1	1	5	1
ø Vorbehandlung	1	1		2	
Summe (n)	37	26	9	72	16

Tab. 6 Art der Erstversorgung im Hinblick auf die entstandene Pseudarthrose bei (n) Fällen.

Tabelle 7 gibt die neben dem jeweiligen Osteosyntheseverfahren angewandten Zusatzmaßnahmen an, im Hinblick zur entstehenden Pseudarthrose. Es fällt auf, daß das Spongiosatransplantat, Cerclagen und Gipsfixierung überwiegend bei den zukünftigen atrophen Pseudarthrosen eingesetzt wurden.

Therapie maßnahmen	spätere Pseudarthrosen hyp. Ps.	atr. Ps.	Def. Ps.	Su	Inf.ps.
Platte u. Spongiosa	3	3	1	7	1
Nagel u. Spongiosa	1	1		2	
Nagel u. Cerclage	5	5		10	
Platte u. Cerclage		1		1	
Platte u. Gips		1	1	2	
Nagel Spongiosa Gips		1		1	
Nagel Cerclage Gips	1	1		2	
Doppelplatte Spongio			1	1	
S (n)	10	13	3	26	1

Tab. 7 Darstellung der Zusatzmaßnahmen in Hinblick auf die entstandene Pseudarthrose bei (n) Fällen.

In 22 Fällen wurde das therapeutische Verfahren (s. Tab. 8) innerhalb der Vorbehandlung geändert. Der zeitliche Abstand im Wechsel vom Marknagel zur Druckplatte betrug 2 Monate. In 2 Fällen wurde die Druckplatte durch einen Marknagel ersetzt. Die zeitlichen Intervalle lagen bei 4 bzw. 14 Monate.

Wechsel des Verfahrens	spätere Pseudarthrosen hyp. Ps.	atr. Ps.	Def. Ps.	Su	Inf.ps.
Platten-wechsel	2	3	2	7	
Nagel-wechsel	1	1		2	
Nagel → Platte	1			1	
Platte → Nagel		1		1	1
Platten-bruch	2	1	1	4	
Nagel-bruch	1			1	
Nagel → Kons.	2			2	1
Cerclage → Nagel	1			1	1
Kons. → Platte → Platte	1		1	2	1
Platte u. 2 Cercagen → Zuggurtung Spongiosa		1		1	
S (n)	11	7	4	22	4

Tab. 8 Verfahrenwechsel innerhalb der Vorbehandlung im Hinblick auf die entstandene Pseudarthrose bei (n) Fällen.

Die Dauer der Vorbehandlung betrug im Durchschnitt 10 Monate, wovon auf die Behandlung mittels Marknagel 9 Monate, mit der Druckplatte 6,6 Monate, mit dem Rush-pin 7,3 Monate und auf die konservative Therapie 1,5 Monate entfielen. Weitere Einzelheiten sind der nachfolgenden Zusammenstellung zu entnehmen.

Nr.	Name	Alter	Art der Erstversorgung	Dauer (Mon.)	Weitere Maßnahmen	Dauer (Mon.)
1	F.B.	55	18 L.C.platte	2	16 L.C.platte, aut. Spongiosa	5
2	G.H.	42	Nagel 400/10	8	-	
3	H.W.	39	Nagel	7	-	
4	V.L.	25	Druckplatte, aut. Spongiosa	3	-	
5	H.G.	16	Nagel 390/10	12	-	
6	D.T.	39	Rush-pin O'sch.schiene	4	-	
7	A.F.	18	Nagel	1/4	Drahtextension Beckengips	2
8	H.R.	14	Pflasterextension	10	-	
9	D.C.	21	Nagel, dünn 3 Cerclagen	4	Nagel Ø 13mm	18
10	G.K.	27	2 Platten	14	Nagel 430/14	3
11	M.H.	27	Keine Vorbehandlung			
12	G.N.	13	Drahtextension	1	Nagel	10
13	H.G.	32	Nagel	2	C.platte	3
14	J.O.	22	Drahtextension	2	Nagel Ø 9 mm Spanplastik Cercl.	31
15	A.H.	5	Drahtextension	2	Nachreponieren konservativ	2
16	J.W.	58	Drahtextension	9	-	
17	M.K.	18	12 L. Platte	9	-	
18	A.D.	37	Nagel Ø 14 mm	6	Perlon- u. Draht-cercl. Drahtextension	5
19	S.M.	27	Drahtextension	5	-	
20	R.S.	28	Nagel, Span, Gipsverband	181	-	
21	FA.H.	48	Rush-pins O'sch.schiene	9	-	
22	D.H.	31	Drahtextension	9	-	
23	K.D.	16	Drahtextension Distraktionsgips	1	Beckengips	3
24	H.B.	40	10 L.platte	5	-	
25	E.F.	62	12 L.C.platte	25	-	
26	H.W.	25	Nagel 440/13	7	-	
27	KA.S.	16	Rush-pin O'sch.schiene	15	-	
28	G.M.	55	Nagel, dünn 2 Cerclagen	17	-	
29	M.K.	43	Drahtextension	4	-	
30	S.S.	24	Nagel	2	Nagel, Span 3 Cercl.Becken-gips, O'sch.gips	23
31	W.J.	22	Rush-pin O'sch.schiene	1	-	

32	A.A.	21	18 L.platte Spongiosa	12	ME Schraube, Incis. 2
33	F.M.	43	Drahtextension	2	Marknagel 11
34	S.F.	33	2 Platten Spongiosa	4	ME, Beckengips 6
35	M.R.	17	Nagel	6	-
36	P.H.	17	Drahtextension	1	C.platte, lange 6
37	J.G.	41	O'sch.liegegips	5	13 L.platte, breit 10 aut. Spongiosa
38	G.M.	19	12 L.platte	6	-
39	K.M.	62	Drahtextension	2	Nagel 13
40	B.M.	27	Nagel	9	-
41	J.K.	59	Nagel, Beckengips	7	ME, Drahtextension 12
42	H.M.	36	10 L.platte	1	14 L.platte, aut. def. Spong. Gips, Fixateur externe
43	F.R.	26	Cercl. Gips	2	ME, Nagel 360/14 def.
44	K.B.	41	14 L.platte 130	3	-
45	G.S.	23	Platte	4	Nagel def.
46	J.F.	30	Drahtextension	1/2	Nagel, Cerclagen 15
47	W.D.	16	Nagel	18	-
48	H.M.	42	Nagel Ø 13 mm 2 Cerclagen	2	-
49	J.S.	39	Nagel dünn Cercl. Beckengips	18	ME 30
50	M.A.	17	Nagel 3 Cerclagen	6	-
51	M.B.	6	5 L. Halbrohrplatte 4 Cort.schrauben O'sch.gips	1	Cercl. Beckengips 12 ME 5 L.platte, Beckengips, Spickung, Zuggurtung, aut. Spongiosa
52	K.N.	18	Platte	3	ME, 2 Platten 4
53	R.B.	17	12 L.platte	7	-
54	G.L.	40	Drahtextension	2	-
55	H.G.	36	Platte	7	-
56	M.D.	34	Nagel	4	-
57	T.S.	29	Keine Vorbehandlung		
58	A.S.	44	Nagel	8	-
59	H.W.	21	Platte	4	-
60	W.P.	26	15 L.platte 2 Cerclagen	7	-
61	E.S.	54	16 L.platte	19	-
62	C.F.	22	Nagel Ø 13/410	19	-
63	T.L.	13	Nagel	6	ME, Beckengips 3
64	E.V.	16	Drahtextension	2/3	Rush-pin 1
65	S.F.	15	Platte	6	ME, Platte, aut. Sp. 16
66	E.M.	46	Nagel	7	-
67	JC.C.	74	12 L.platte	6	ME, 18 L.platte 1 2 Zugschrauben
68	U.S.	24	Nagel	12	-
69	D.F.	3	Platte	4	Beckengips 3
70	P.S.	22	Platte def. Th.		
71	D.G.	35	Nagel	24	ME Cercl.aut. Spong.
			Cerclagen	5	

Tab. 9 Vorbehandlung

Unter den Komplikationen (s. Tab. 10) im Verlaufe der Vorbehandlung fanden sich 6 Paresen (5 Peronaeus- und 1 Ischiadicusparese), welche bei der stationären Aufnahme zur endgültigen Behandlung noch bestanden. 5 Nervenläsionen entstanden nach Druckplattenosteosynthesen, 1 nach einer Marknagelung. 12 am Unfalltag geschlossene und 6 offene Verletzungen waren infiziert. Von 24 mit Marknägeln versorgten Frakturen waren 6 infiziert, nach 24 Druckplattenosteosynthesen 11. Fehlstellungen infolge ungenügend stabiler Osteosynthesen ergaben sich in 26 Fällen.

Erstversorgung	Paresen	Infektionen geschl.	Infektionen offen	Wundheilungs-störungen	Fehl-stellungen
Marknagel	1	3	3	3	11
Druckplatte	5	9	2	3	11
Rush-pin			1		1
Konservativ				1	3
S n	6	12	6	7	26

Tab. 10 Komplikationen im Verlaufe der Vorbehandlung

5.1.3. Behandlung in der BERUFSGENOSSENSCHAFTLICHEN UNFALL-KLINIK Tübingen

Vom Unfalltag bis zum Tag des letztlich sanierenden Eingriffes waren durchschnittlich 13 Monate (≙ mittleres Pseudarthrosenalter) vergangen. Zu Behandlungsbeginn waren 52 Pseudarthrosen nicht infiziert, 18 infiziert und 1 ehemals infiziert (s. Tab. 11).

Es wurden 37 Pseudarthrosen vom hypertrophen Typ, 26 vom atrophen Typ und 8 Defektpseudarthrosen festgestellt (s. Tab. 11).

Zustand d. Ps.	n	Art d. Ps.	n
nicht inf.	52	hypertroph	41
infiziert	18	atroph	22
ehemals inf.	1	Defektps.	9
S (n)	71		72

Tab. 11 Zustand und Art der Pseudarthrosen (n) vor der definitiven Operation.

Die durchschnittliche stationäre Behandlungsdauer aller hier zu beschreibenden Femurpseudarthrosen in der BERUFSGENOSSENSCHAFTLICHEN UNFALLKLINIK Tübingen betrug 8 Wochen. HARDT (29) ermittelte anhand von 12 Oberschenkelpseudarthrosen an Berliner Kliniken eine mittlere stationäre Aufenthaltsdauer von 11 Wochen.
Nach KEIL (35) erfordern die therapeutischen Bemühungen der Pseudarthrosen bei ursprünglich offenen Frakturen, längere Behandlungszeiten, im Vergleich mit den ehemals geschlossenen Frakturen. In unserem Krankengut ergab sich eine Differenz von 2 Wochen (s. Tab. 12 b).

a)

Dauer der stationären Behandlung		
Mittlere Dauer	56 T ≙	8 W
Kürzeste Dauer	12 T ≙	1 1/2 W
Längste Dauer	93 T ≙	13 W

b)

Dauer der stationären Behandlung bei		
früher offenen	Verletzungen	geschlossenen
n=17		n=54
73 T ≙ 10 W		55 T ≙ 8 W

Tab. 12 Dauer der stationären Behandlung nach Zeit a) und Befund b)

5.1.3.1. Ausheilung der Pseudarthrose durch einen operativen Eingriff

Die hypertrophen Pseudarthrosen wurden bei den einmalig operierten Patienten 9 mal mit einer Druckplatte und 4 mal ergänzend mit heterologer Spongiosaplastik versorgt. Der Marknagel kam in 15 Fällen zur Anwendung. Ein Fixateur externe wurde einmal installiert.
Bei den atrophen Pseudarthrosen erfolgte in 4 Fällen die Implantation einer Druckplatte, in 4 weiteren zusätzlich die Anlagerung von autologer Spongiosa. 6 atrophe Pseudarthrosen heilten nach Markraumschienung mittels Marknagel aus.
Die 12 Infektpseudarthrosen wurden wie folgt behandelt. In 4 Fällen durch Verplattung, davon 2 mal zusätzlich durch ein autologes Spongiosatransplantat, in 3 Fällen allein durch Marknagelung und in weiteren Fällen mittels Fixateur externe. Eine Infektpseudarthrose führte zur Amputation (s. Tab. 13).

Verfahren	hyp.Ps.	atroph.Ps.	Def.ps.	Su	Inf.ps.
Druckplatte	9	4		13	4
dt.u.aut.Spong.	4	4		8	2
dt.u.hom.Spong.	2			2	
dt.u.het.Spong.		1		1	
Marknagel	15	6	1	22	2
dt.u.aut.Spong.	1			1	
dt.u.het.Spong.	1			1	
Fixateur externe	1			1	1
Amputation		2		2	1
Spong. autologe z. Implantat		1	1	2	1
S (n)	33	18	2	53	11

Tab. 13 Pseudarthrose und Therapie bei Ausheilung nach einem operativen Eingriff

5.1.3.2. Ausheilung der Pseudarthrose durch mehr als einen operativen Eingriff

Das Zeitintervall zwischen erster und zweiter Operation betrug im Durchschnitt 10 Monate (1 - 24 Monate).
4 atrophe, 5 hypertrophe, 2 Defekt- und 6 Infektpseudarthrosen (entspricht 16,9 % der Gesamtzahl der Fälle) wurden ein zweites Mal operiert (s. Tab. 14).
Bei den atrophen Pseudarthrosen wurde in zwei Fällen der A O - Marknagel gegen einen dickeren nach 4 bzw. 7 Monaten ausgewechselt. Im letzten Fall führte man gleichzeitig eine Korrekturosteotomie mit Anlegen einer 4-Loch - A O - Druckplatte durch. Die beiden übrigen Fälle machten einen Plattenwechsel erforderlich wegen Plattenlockerung und Plattenbruch. Es wurden nach 13 bzw. 3 Monaten längere Platten, im ersten Fall mit zusätzlicher Anlagerung von autologer Spongiosa eingesetzt.

Bei den hypertrophen Pseudarthrosen applizierte man autologe bzw. homologe Spongiosa. Einmal wurde eine bereits liegende Druckplatte nachgespannt. Im anderen Fall wurde eine längere Platte (9-Loch ⟶ 12-Loch - A O - Druckplatte) implantiert.
Eine der Defektpseudarthrosen wurde wegen Fistelbildung 22 Monate nach der Erstversorgung, nach einer Sequestrotomie mit Spongiosa versorgt. Eine Spontanfraktur im Falle der anderen Defektpseudarthrose erforderte 10 Monate nach der Plattenentfernung, die Einrichtung eines zweiten Fixateur externe mit einem autologen Spongiosatransplantat.
4 von 6 Fällen der Infektpseudarthrosen wurden in einem Zweiteingriff mit autologer Spongiosa versorgt. Zweimal nach je 11 Monaten erfolgte die Revision des Implantatlagers bei noch liegender Druckplatte (16-Loch / 60) bzw. Marknagel (14/360). Einmal wurde ein Marknagel gegen eine Platten (14-Loch / 70) und ein anderes Mal gegen eine längere Platte (18-Loch / 70) ausgetauscht.

Sämtliche Osteosyntheseverfahren zur letztlich sanierenden Operation geschahen nach den Richtlinien der A O.

Nr.	Ps.	Erste Op.	Zeitdiff. (Mon.) Ursache d. Therapieänderung	Zweite u. weitere Op.
11	atr.	Nagel 13/360	7 M Korrekturosteotomie	Nagel 14/440, 4 L Pl. Corticalisschrauben
22	hyp.	12L/60 C.pl.	24 M Nachspannen der Condylenplatte	autologe Spongiosa
25	atr.	ME 12L.pl. 13L/70 C.pl.	13 M Plattenlockerung	ME 13L/70 pl., 15L/60 C.pl. autologe Spongiosa
28	atr.	ME Nagel dünn 2 Cerclagen, 14L C.pl.	3 M Plattenlockerung mit Fraktur meh. Schrauben	16L/60 C.pl.
31	Inf. Def.	ME Rush-pin, 16L/70 C.pl.	3 M Refraktur u. Plattenausbruch n. gymnast. Übg.	18L/70 C.pl. Sequestrotomie autologe Spongiosa
33	hyp.	ME Nagel, 9L/70 C.pl.	4 M -	ME, 12L/70 C.pl. aut. Spongiosa
34	Def.	Drahtexten. 20L/60 C.pl.	22 M Fistel	Sequestrotomie autologe Spongiosa
37	Inf. hyp.	ME 13L pl., 14L/70 C.pl. autol. Spon. Sequestrotomie	15 M Fistel Schmerz	12L/60 C.pl. autologe Spongiosa
38	Inf. Def.	ME 12L pl., 16L/60 C.pl. aut. Spong.	11 M Fistel	Plattenlagerrevision autologe Spogiosa
42	Def.	Fixateur ext.	10 M Spontanfraktur	ME 14L pl. u. Solitärschraube, 2. Fixateur externe autologe Spongiosa
43	Inf. Def.	ME Cerclage Sequestrotom.	11 M Spontanfraktur	ME 14L pl. und Solitärschraube, 2. Fixateur externe autologe Spongiosa
47	Inf. hyp.	Spül-Saug- Drainage	10 M Infekt	ME Nagel, 14L/70 C.pl.

54 atr.	14L/50 C.pl. homol. Spon.	-	homologe Spongiosa
55 atr.	ME Platte, Nagel 16/460 aut. Spong.	4 M Lockerung	ME Nagel, Nagel 17/420
61 Inf. hyp.	ME 14L pl. 16L/70 C.pl. 3 Cortic.schr. Sequestrotomie Nekrotomie Spül-Saug-Dr.	1 M Infekt	autologe Spongiosa
65 hyp.	16L C.pl. aut. Spong.	2 M	Revision, Spül-Saug-Drainage
69 hyp.	6L pl. Beckengips	24 M	Abszeßspaltung

Tab. 14 Zusammenstellung der mehrfach operierten Pseudarthrosen innerhalb des letztlich stationären Aufenthaltes.

5.1.3.3. Postoperativer Verlauf

Die Zeit von der letzten erfolgreichen Operation bis zum Wiedereintritt der Arbeitsfähigkeit, belief sich als Durchschnittswert auf 6,3 Monate (s. Tab. 15).
HARDT (29) gibt als Vergleichswert durchschnittlich 5,2 Monate an (bei n=12).
Die Dauer der Arbeitsunfähigkeit wird hier bestimmt durch den zeitlichen Abstand zwischen der letzten Pseudarthrosenoperation und der Wiederaufnahme der Arbeit.
Von den 71 Verletzten waren vor dem Unfall 52 berufstätig. 43 nahmen nach Abschluß der Behandlung ihre gewohnte Tätigkeit wieder auf. 7 mal wurde der Beruf gewechselt, 3 Patienten wurden invalidisiert (s. Tab. 15).

Dauer d. Arbeitsunfähigkeit	Berufstätige n = 52 alter	neuer Beruf	Invalide
190 T ≙ 6,3 M min. 32 T max. 987 T	43	7	3
	Nicht Berufstätige		Verstorben
	16		1

Tab. 15 Dauer der Arbeitsunfähigkeit und berufliche Auswirkungen.

Die mittlere MdE war bei den Mehrfachverletzten (n = 21, MdE = 30 %) um ca. 10 Prozentgrade größer, als bei den Patienten, die ein Monotrauma erlitten hatten (n = 40, MdE = 21 %) (s. Tab. 16).

Ps. nach Polytrauma		Ps. nach Monotrauma		Summe	mittlere MdE
n	mittlere MdE	n	mittlere MdE	n	
21	30 %	40	21 %	61	25,75 %

Tab. 16 Verletzungsumfang und Erwerbsminderung (MdE)

Die Gesamtheildauer (Zeit von der Erstverletzung bis zum Abschluß der ambulanten Behandlung lag bei den monotraumatisierten Patienten bei 31,4 Monaten, bei den Mehrfachverletzten bei 25,6 Monaten (s. Tab. 17).
Nach M.E. MÜLLER (71) benötigt eine Pseudarthrose nach Abzug einer durchschnittlichen Vorbehandlungszeit von 10 Monaten, ebensoviele Monate zur Konsilidierung, wie eine frische Fraktur an Wochen.

Monotrauma		Polytrauma		Summe	
Tage (MW)	n	Tage (MW)	n	Tage (MW)	n
941 T ≙ 31,4 Monate	30	770 T ≙ 25,6 Monate	41	855 T ≙ 28,5 Monate	71

Tab. 17 Gesamtheilungsdauer und Verletzungsausmaß

Die häufigste postoperative Komplikation (s. Tab. 18) war das Auftreten von Haematomen (n = 8), welche nach ca. 15 Tagen (5 - 37 Tagen) resorbiert waren. In einem Fall bestand ein postoperatives Haematom wegen einer haemorrhagischen Diathese über 2 Monate. Eine Thrombophlebitis bildete sich nach 13 Tagen zurück. Alle Paresen (n = 6) waren praeoperativen Ursprungs. 15 Infekte waren vor der endgültigen Pseudarthrosenoperation aufgetreten, einer entstand postoperativ und dauerte 2 Tage.

Nr.	Name	Alter	Komplikation	praeop. bestehend	Restitutio nach
2	G.H.	42 J.	Infekt		2 Tagen
4	V.L.	25 J.	Peronaeusparese	x	8 Monaten
5	H.G.	16 J.	Haematom		8 Tagen
6	D.T.	39 J.	Haematom		10 Tagen
11	M.H.	27 J.	Paraesthesien an d. li. Großzehe		1 Monat
14	J.O.	22 J.	Paraesthesien li. Schulter, Oberarm		15 Tagen
16	J.W.	58 J.	Infekt	x	2 Monaten
18	A.D.	37 J.	Haematom		21 Tagen
24	H.B.	40 J.	Infekt, Ischiadicusparese	x	2 J. p.o. verstorben
25	E.F.	62 J.	Infekt, Peronaeusparese, Haematom	x	2 Monaten Haemorrhag. Diathese
26	H.W.	25 J.	Haematom		35 Tagen
29	M.K.	43 J.	Paraesthesien, Haematom p.o.	x	14 Tagen
30	S.S.	24 J.	Haematom		8 Tagen
31	W.J.	22 J.	Infekt, Thrombophlebitis p.o.	x	300 Tagen 13 Tagen
32	A.A.	21 J.	Infekt	x	20 Tagen

34	S.F.	33 J.	Infekt	x	b.a.w.
35	M.R.	17 J.	Haematom		18 Tage
37	J.G.	41 J.	Infekt, Peronaeuspar.	x	b.a.w.
38	G.M.	19 J.	Infekt, Peronaeuspar.	x	27 bzw. 16 Mon.
39	K.M.	27 J.	Haematom n. Fädenentf.		5 Tage
41	J.K.	59 J.	Infekt	x	19 Monate (Amputation)
42	H.M.	36 J.	Infekt	x	b.a.w.
43	F.R.	26 J.	Infekt	x	5 Monate
45	G.S.	23 J.	Infekt	x	b.a.w.
47	W.D.	16 J.	Parese	x	b.a.w.
69	D.F.	3 J.	Infekt	x	1 1/2 Monate
70	P.S.	22 J.	Infekt, Defekt	x	10 Monate

Tab. 18 Art und Verlauf der Komplikationen nach der letztlich sanierenden Operation.

Der Zeitpunkt der postoperativen Teil- und Vollbelastung der verletzten Extremität ist aus Tab. 19 ersichtlich. Im Durchschnitt belasteten 54 Patienten nach 29 Tagen mit langsam zunehmendem Gewicht. Eine Vollbelastung erfolgte nach 68 Tagen.

	Tage (MW)	Fälle (n)	
Teilbelastung	29	54	Übrige Fälle unbekannt
Vollbelastung	68	54	

Tab. 19 Zeitpunkt der postoperativen Belastung

5.2. Methodik

Die Ergebnisse wurden nach zwei Bewertungssystemen beurteilt

- um sie in einer Gesamtbeurteilung wiederzugeben (5.2.1.)

- um die Bedeutung einer stabilen Osteosynthese im Sinne der A O zur Verhütung von Sekundärschäden, die sich im Ausmaß der Gelenkbeweglichkeit widerspiegeln, hervorzuheben (5.2.2.)

- außerdem wurde untersucht, ob zwischen der knöchernen Konsolidierungsdauer anhand des Röntgenbildes und dem Alter des Patienten ein Zusammenhang zu finden wäre (5.2.3.)

5.2.1. Darstellung der Ergebnisse nach einem Punktsystem, entsprechend den Vorschlägen von PAUL (76), THIELE (98) und WENZEL (107)

Unter Berücksichtigung sämtlicher Teilergebnisse wurden die Gruppen I - IV (mit der analogen Beurteilung; sehr gut - gut - befriedigend - mangelhaft), welche jeweils ein Kollektiv identischer Schweregrade ausdrücken. Die Befunde für die Festlegung der Teilergebnisse geben die Tabellen 20 bis 23 wieder.

Symptome	Punkte
A. keine Schmerzen volle Gebrauchsfähigkeit keine Ermüdung bei Dauerbelastung	0
B. leichte oder gelegentliche Schmerzen mäßige Behinderung vorzeitige Ermüdung	1
C. Bewegungs- oder Belastungsschmerz erhebliche Behinderung rasche Ermüdung	2
D. starke Dauerschmerzen Gebrauchsunfähigkeit fremde Hilfe nötig	3

Tab. 20 Symptome und Einstufung nach Punkten

Befunde	Punkte
A. unauffällige Konturen Narbe reizlos, schmal keine Längendifferenz	0
B. geringe Deformierung Narbe flächenhaft eingezogen	1
C. deutliche Fehlstellung Fistelbildung Verkürzung 2 - 4 cm	2
D. erhebliche Deformierung und Fehlstellung Ulceration und Weichteildefekt Verkürzung über 4 cm	3

Tab. 21 Befunde und Einstufung nach Punkten

Befunde	Punkte
A. gute Fragmentstellung ohne Dislokation kein Achsenfehler vollständiger, knöcherner Durchbau unauffällige Knochenstruktur physiologische Gelenkkonturen	0
B. Dislokation bis zur Corticalisbreite Achsenfehlstellung unter 5° inkompletter Durchbau (Pseudarthrosenspalt noch erkennbar) geringe Knochenatrophie geringe arthrotische Veränderungen	1
C. Dislokation über Corticalisbreite Achsenfehlstellung über 5° persistierender Pseudarthrosenspalt deutliche Osteoporose deutliche arthrotische Veränderungen Lysezonen um Implantate Sequesterbildung	2
B. starke Fragmentdislokation ohne Kontakt erhebliche Achsenfehlstellung ausgedehnte Osteolyse devitalisiertes Fragment kleinfleckige Osteoporose Ankylose der benachbarten Gelenke Lockerung des Osteosynthesematerials Refraktur bzw. Allenthesebruch	3

Tab. 22 Röntgenbefunde und Einstufung nach Punkten

Befunde	Punkte
A. guter, seitengleicher Muskeltonus uneingeschränkte, seitengleiche Beweglichkeit keine Schwellung schmerzfreie Vollbelastung Fragmente klinisch fest keine Sensibilitätsstörungen keine trophischen Störungen 100 % ige Arbeitsfähigkeit	0
B. Muskeltonus gering herabgesetzt Streck- u. / oder Beugeausfall unter 20° Pro- oder Supination endgradig behindert geringe Schwellung nach Belastung Fragmente federnd fest umschriebener Sensibilitätsausfall livide Hautfärbung nach Belastung MdE bis 20 %	1
C. deutliche Muskelatrophie Streck- u. / oder Beugeausfall 20 - 40° Pro- oder Supination bis zu 45° eingeschränkt beginnendes Sudek - Syndrom (Stadium I) erheblicher Belastungs- bzw. Biegeschmerz Fragmante instabil ausgedehnter Sensibilitätsausfall Teilparese eines motorischen Nerven MdE 25 - 50 %	2
D. hochgradige Muskelatrophie Streck- u. / oder Beugeausfall über 40° Pro- u. Supination über 45° behindert Sudeck - Syndrom (Stadium II u. III) starke Wackelbeweglichkeit Parese eines motorischen Nerven ungünstige Prognose Knocheninfekt drohende oder vollzogene Amputation Übergang auf ein anderes Behandlungsverfahren zu erwartende oder bereits bestehende Invalidität MdE über 50 %	3

Tab. 23 Funktionelle Befunde und Einstufung nach Punkten

Zur Errechnung der Punktsumme werden die Teilbefunde und -symptome eines jeden Falles notiert, addiert und mit dem Punktfaktor multipliziert. Die Zwischenergebnisse aus jeder Tabelle (20 - 23) werden anschließend addiert und ergeben die Gesamtsumme für das Endergebnis.
Beispiel: Drei Kriterien aus der Gruppe C ergeben 3x2=6, zwei Kriterien aus der Gruppe B einer anderen Tabelle ergeben 2x1=2; ergibt folglich ein Endergebnise von 8 Punkten und damit die Einstufung in die Gruppe II, welche für ein gutes funktionelles Endergebnis steht (s. Tab. 25).

Summe der Punkte	Gruppeneinteilung
0 bis 3 Punkte	I
4 bis 10 Punkte	II
11 bis 25 Punkte	III
über 25 Punkte	IV

Tab. 24 Summe der Punkte, bestimmend das Endergebnis und die dazugehörige Gruppe

5.2.2. Nach dem Ausmaß der Bewegungseinschränkung wurden die Gruppen A - D erstellt. Die Gruppe A gibt eine Minderung der Gelenkfunktion um weniger als ein Drittel der Norm nach der Neutral - 0 - Methode an; die Gruppe B bezeichnet die Reduzierung der Beweglichkeit, die ein Drittel bis ein Halb der Norm betrug. Die Gruppe C zeigt die Fälle an, die die Hälfte der ursprünglichen Beweglichkeit boten, die Gruppe D spricht für eine Ankylose der Gelenke oder eine schmerzhafte Wackelbeweglichkeit (s. Tab. 25).

Gruppen	Bewegungseinschränkung der Gelenke bis
A	weniger als ein Drittel
B	ein Drittel bis ein Halb
C	ein Halb
D	bei Ankylose oder schmerzhafter Wackelbeweglichkeit

Tab. 25 Bewegungseinschränkung der Gelenke und Gruppenzuordnung

5.2.3. Vergleich zwischen dem Alter des Patienten und der knöchernen Konsolidierungsdauer anhand von Röntgenbildern

Der Zeitpunkt der vollständigen knöchernen Konsolidierung wurde anhand von Röntgenserienaufnahmen bestimmt. Der Zeitraum zwischen der Konsolidierung auf dem Röntgenkontrollbild und der definitiven Operation wurde in Verbindung mit dem Alter des Patienten in einer Tabelle (26) aufgetragen.

Alter d. Pat.	RöKsd M	n
10 - 19	9	20
20 - 29	11	20
30 - 39	15	12
40 - 49	6	12
50 - 59	11	4
60 - 69	11	3
MW d. RöKsd	10,5	
	S n	71

Tab. 26 Alter (Jahre und röntgenologische Konsolidierungsdauer (RöKsd) in Monaten (M)

5.3. Zusammenfassung der Ergebnisse

ad 5.2.1.

Es wurden die Gruppenzuordnung der Fälle vergleichend gegenübergestellt (s. Tab. 27). Die Ergebnisse im Einzelnen sind:

4 Fälle wurden in Gruppe IV eingestuft. Es handelt sich hierbei um Behandlungen, bei welchen kein Heilerfolg erzielt werden konnte. So mußte einem 55-jährigen Patienten nach einer Infektpseudarthrose und langwierigen Therapieversuchen, das Bein abgenommen werden. Ein 40-jähriger Alkoholiker verstarb nach einer Femuramputation wegen Infektpseudarthrose, vermutlich an einer Lebercirrhose.

62 % (bzw. 75 % der Fälle ohne Infektpseudarthrosen) der Fälle konnten mit einem guten bis sehr guten Resultat abgeschlossen werden (Gruppe I und II):

Gruppen	n	%		n	%	
I	19	26,7	62 %	16	30,2	75 %
II	25	35,3		24	45,2	
III	23	32,4		12	22,6	
IV	4	5,6		1	1,6	
Summe	71	100,0		53	100,0	

Tab. 27 Gruppenzuordnung der Fälle; rechte Seite zum Vergleich nach Abzug der Infektpseudarthrosen

Die nachfolgende Tabelle 28 gibt einen Überblick der Gruppeneinstufung der Fälle, in Bezug auf das verwendete Implantat - A O - Marknagel oder - A O - Druckplattenosteosynthese. Es fällt hierbei auf, daß die mit einem Marknagel versorgten Fälle überwiegend den Gruppen I und II zugeordnet werden können, während die mittels Druckplatte versorgten Fälle sich hauptsächlich in den Gruppen II und III finden.

Implantat	Gruppen			
	I	II	III	IV
Marknagel	13 (12)	13 (13)	3 (3)	-
Druckplatte	6 (5)	12 (9)	13 (7)	2

Tab. 28 Verteilung der Fälle (n=62) auf die Gruppen nach dem jeweils verwendeten Implantat (Zahlen in Klammern nach Abzug der Infekt-pseudarthrosen)

ad 5.2.2.

Es wurden die prae- und postoperativen Befunde der Gelenkfunktionen vergleichend untersucht, und den Gruppen A bis D zugeordnet (s. Tab. 25, 29), dabei konnte folgendes festgestellt werden:

I. Es kam zu einer postoperativen Besserung sämtlicher Gelenkfunktionen um ein Drittel der Gesamtbeweglichkeit (25-36 %; Mittelwert 32 %), so daß von einer guten Gelenkfunktion gesprochen werden kann.

II. Prae- und postoperative Werte der Beugebewegungen im Kniegelenk (33 bzw. 58 %) lagen im Vergleich mit den Werten der anderen Gelenke am niedrigsten. Die postoperative Steigerungsrate der Meßwerte war hier ebenfalls am kleinsten (25 %).

III. Die nächst besseren Werte bezogen sich auf die Streckbewegungen im gleichen Gelenke; anders ausgedrückt, der Verlust der Beweglichkeit im Sinne der Streckung war relativ und absolut geringer, als der betreffend das Kniebeugen.

Die übrigen Werte sind der Tabelle zu entnahmen. Alle Angaben verstehen sich als Bruchteil der Gesamtbeweglichkeit der Norm nach den Werten der Neutral - O - Methode.

Abschließend kann gesagt werden, daß das Kniegelenk am empfindlichsten auf längere Immobilisierung reagiert.

Gruppen / Bewegungen	praeoperativ A	B	C	D	postoperativ A	B	C	D
Hüftgelenk								
Beugen	58	18	6	18	88	10	2	
Strecken	58	20	4	18	94	4	2	
Irot.	54	18	10	18	88	2	10	
Arot.	38	16	10	16	86	2	10	
Abd.	54	22	6	18	90	6	4	
Add.	54	22	6	18	88	8	4	
Kniegelenk								
Beugen	33	20	22	25	58	16	16	10
Strecken	47	18	10	25	82	6	4	8
Fußgelenke	78	16	2	4	96			4

Erläuterung: Irot. = Innenrotation, Arot. = Außenrotation,
Abd. = Abduktion, Add. = Adduktion

Tab. 29 Vergleich der prae- und postoperativen Gelenkfunktionen (in % der Norm nach der Neutral-0-Methode

5.2.3. Nach der Darstellung in der Tabelle 26 scheint das Alter des Patienten keinen eindeutigen Einfluß auf die röntgenologische Konsolidierungsdauer zu haben. Die 50 - bis 70 - Jährigen weisen die gleiche Konsolidierungsdauer auf, wie sie bei den 20 - bis 29 - Jährigen zu finden ist.

6. DISKUSSION

Im untersuchten Krankengut wurden im Rahmen der Vorbehandlung unter insgesamt 71 Frakturen des mittleren Femurschaftdrittels (in einem Fall lag eine Fraktur beider Femora vor) nur 33 mal das für dieses Gebiet bestgeeignete Osteosyntheseverfahren, die Marknagelung durchgeführt (AUBIGNE 2; CECH et al. 14; HOLZ 31; KNAPP 39; KÜNTSCHER 44, 45, 51; MATZEN 67, 86; MÜLLER et al. 72, 74; REHN 80, 81; SANDER et al. 83; SCHLOSSER et al. 88; STÖHR 97; WELLER 101; WESSINGHAGE et al. 108; WITT 110, 111). Bei diesen 33 Fällen war außerdem 26 mal der Marknagel zu dünn und 7 mal zu kurz.
5 mal kam es zu einem Nagelinfekt und 14 mal handelte es sich um eine Trümmerfraktur mit Substanzverlust, also um eine vom Frakturtyp her für den Marknagel ungeeignete Indikation.
Als Folge dieser mangelnden Stabilisierung der Frakturenden entstanden 20 hypertrophe, 9 atrophe und 4 Defektpseudarthrosen. Durch weitere Maßnahmen, wie Nachreponieren (n=1), Anbringen einer Gipsfixation (n=4), einer Drahtextension (n=3) und von Drahtcerclagen (n=5) wurde erfolglos versucht die interfragmentäre Ruhigstellung zu verbessern und damit eine knöcherne Konsolidierung zu erreichen.

Die Druckplattenosteosynthese hat im mittleren Femurschaft eine sehr begrenzte Indikation (CECH et al. 14; MÜLLER et al. 74; REHN 81; SANDER et al. 83; WELLER 103). Bei Frakturen mit Substanzverlust, offenen Frakturen II und III Grades, Polytraumen und solchen Frakturen, welche im Grenzbereich des mittleren zum distalen bzw. proximalen Drittels des Femurschaftes liegen, wird die Druckplatte dagegen empfohlen (AXHAUSEN 3; BURRI 11; CECH et al. 14; COTTA 16; LECHER 55; WESSINGHAGE et al. 108; WITT 110, 111,

112).
Bei den untersuchten Fällen wurde in der Vorbehandlung 24 mal eine Druckplattenosteosynthese durchgeführt. Es zeigte sich, daß die Platten 19 mal zu kurz und 5 mal zu schmal waren.
In 14 Fällen war die Osteosynthese technisch insuffizient, denn es handelte sich hierbei um Trümmerfrakturen mit Substanzverlust. Folglich wurde bei richtiger Indikationsstellung eine falsche Technik gewählt.
4 mal kam es zu einem Plattenbruch, welcher wegen der verzögerten Frakturheilung aufgrund der technisch nicht ausreichenden Osteosynthese zu erwarten ist (MUHR et al. 75).
Auch bei den Plattenosteosynthesen wurde in 19 Fällen außerdem durch weitere therapeutische Maßnahmen, wie dem Einbringen einer Spongiosaplastik (n=8), dem Anbringen eines Beckengipses (n=3), einer Doppelplatte (n=1) und eines Plattenwechsels (n=7) versucht eine knöcherne Ausheilung zu erzielen.
Es entstanden nach diesem Behandlungsvorgehen 10 hypertrophe, 11 atrophe und 3 Defektpseudarthrosen. In 10 Fällen kam es zu einer Infektion.

Die Anwendung des Rushpins und der Drahtumschlingung mit oder ohne Gipsverband ist in diesem Knochenabschnitt aus statischen Gründen nicht erfolgversprechend (MUHR et al. 75; MÜLLER et al. 74; WELLER et al. 106). Entsprechend kam es in 5 Fällen nach alleiniger Versorgung mit einem Rushpin zu keiner knöchernen Vereinigung. In einem anderen Behandlungsfall sollte ein zusätzlich angelegter Gipsverband für die nötige Stabilität im Cerclagenbreich sorgen. Auch ein zusätzlich implantierter dünner Nagel konnte in einem weiteren Fall die Entstehung einer infizierten Defektpseudarthrose nicht verhindern.

Die konservative Behandlung der Femurfraktur des mittleren

Schaftdrittels gehört heute bis auf wenige Ausnahmen der Vergangenheit an (BÖHLER 8; WELLER 102; WESSINGHAGE et al. 108; WITT 110). Im Verlaufe der Vorbehandlung entstanden so 8 Falschgelenkbildungen durch eine nicht operative Therapie. Es fanden sich 3 hypertrophe, 4 atrophe und 1 Defektpseudarthrose. 3 dieser Pseudarthrosen waren infiziert.

22 mal wurde bereits in der Vorbehandlung das Behandlungsverfahren gewechselt. Bei 2 dieser Fälle wurde eine Druckplatte gegen einen Marknagel ausgetauscht, nach 4 bzw. 14 Monaten. Im weiteren Verlauf entstanden eine atrophe und eine Infektpseudarthrose.
Nach CECH et al. (14) ist eine Reosteosynthese mittels Nagel in den ersten Monaten zulässig, weil sie die Corticalisdurchblutung nicht gefährdet. Das umgekehrte Verfahren, der Austausch des Marknagels gegen eine Druckplatte wird für weniger geeignet angesehen, da hier mit erheblichen Durchblutungsstörungen im Corticalisbereich zu rechnen ist (CECH et al. 14). Im Fall einer später auftretenden hypertrophen Pseudarthrose wurde der liegende Marknagel durch eine Druckplatte ersetzt (nach 2 Monaten).

Nach Abschluß der Vorbehandlung kann also festgestellt werden, daß bei 27 Fällen nicht die vom Frakturtyp her bestgeeignete Osteosynthese gewählt wurde. In 43 Fällen war ein geeignetes Verfahren gewählt, dieses jedoch technisch unzureichend durchgeführt.

Bei 51 Fällen allerdings handelte es sich um Frakturen mit Substanzverlust, offene Frakturen II. und III. Grades, Frakturen, welche im Grenzbereich des mittleren zum distalen bzw. zum proximalen Drittel des Femurschaftes liegen und Fälle mit weiteren schwerwiegenden Verletzungen und Frakturen (Polytraumen).

Weiterhin bestanden am Ende der Vorbehandlung 6 Paresen, 18 kurz- oder längerfristige Infekte, 7 Wundheilungsstörungen und 26 ernste Fehlstellungen, d.h., daß außer der ausgebliebenen Frakturheilung 57 weitere wesentliche Komplikationen bestanden.

Das Auftreten eines Infektes bzw. einer Parese führte zu einer Verlängerung der Vorbehandlungszeit (t=12,3 bzw. t=13,6 Monate), bei einer durchschnittlichen Vorbehandlungszeit von 10 Monaten. Nach Entstehen einer Achsenfehlstellung betrug diese Zeit im Durchschnitt 19,3 Monate.

Verschiedene Autoren (AUBIGNE 2; MÜLLER 71; MÜLLER et al. 74; SANDER et al. 85; WELLER 101) empfehlen, wenn nach 4 bis 8 Monaten der Anfang einer knöchernen Konsolidierung nicht erkennbar sei, das bisherige Therapieverfahren zu überprüfen. Im untersuchten Krankengut belief sich das Pseudarthrosenalter auf durchschnittlich 13 Monate, d.h. die Zeitspanne vom Unfalltag bis zum Tag der definitiven operativen Versorgung.

Das Erfordernis der operativen Behandlung einer Pseudarthrose ergibt sich aus folgenden Gründen:

1. Die funktionsstabile Osteosynthese, wie sie von der A O (MÜLLER et al. 74) vorgeschlagen wurde, erlaubt eine frühzeitige postoperative, krankengymnastische Aktivierung der beschädigten Extremität. Das Fortschreiten der knöchernen Konsolidierung geht so nicht auf Kosten der Funktion der Extremität (BÖHLER 9; KNAPP 39; MÜLLER et al. 74; WELLER 101). Die Überprüfung der Gelenkbeweglichkeit zu Beginn und am Ende der eigentlichen Behandlung zeigten bei 62 % (n=--) einen schnellen und umfangreichen Zugewinn nach Durchführung der Osteosynthese.

2. Jede Pseudarthrose benötigt zur Ausheilung absolute Ruhe im Interfragmentärbereich (CECH et al. 14; KIRSCHNER et al. 38; KNAPP 39; MÜLLER et al. 74; WITT 110). Diese Ruhe wird am sichersten durch die intramedulläre Schienung mit einem Marknagel nach Aufbohren erreicht. Sie wird heute allgemein als optimale Therapie der verzögerten Frakturheilung und der Pseudarthrosen des mittleren Femurschaftes angesehen (CECH et al. 14; KNAPP 39; KNAPP et al. 40; KRAUSS et al. 42; KÜNTSCHER 51; MATZEN 67; MÜLLER et al. 74; SCHLOSSER et al. 88; WESSINGHAGE et al. 108; WITT 110). 29 von 71 Pseudarthrosen im untersuchten Krankengut wurden letztlich mit einem Marknagel versorgt und zeigten nach Abschluß der Behandlung ein sehr gutes bzw. gutes Ergebnis; in allen 71 Fällen war die einwandfreie Stabilität der Osteosynthese der entscheidende Faktor für die Heilung.

Die Wahl des Verfahrens bei der Behandlung von Femurpseudarthrosen richtet sich im allgemeinen nach dem vorliegendem Pseudarthrosentyp. Hiernach entscheidet sich, ob die Herstellung von Stabilität, mittels stabiler Osteosynthese als alleinige Maßnahme ausreicht, oder ob zusätzlich zur Anregung der Knochenneubildung die Anlagerung eines Spongiosatransplantates, meistens autologe Spongiosa aus dem Beckenkamm erforderlich ist (CECH et al. 14; MÜLLER et al. 74; WESSINGHAGE et al. 108).

Das Spongiosatransplantat wird dabei nach unseren Untersuchungen überwiegend zusammen mit einer Druckplattenosteosynthese (n=21) in das Operationsgebiet eingebracht, im Gegensatz zu n=3 Fällen bei Marknagelung.

Die hypertrophe Pseudarthrose benötigt lediglich eine stabile Osteosynthese zur Ausheilung (CECH et al. 14; MÜLLER et al. 74; WESSINGHAGE et al. 108).

Im Verlaufe der endgültigen Behandlung wurden in der BERUFSGENOSSENSCHAFTLICHEN UNFALLKLINIK Tübingen 35 hypertrophe Pseudarthrosen allein durch eine stabile Osteosynthese zur Ausheilung gebracht, nur in 5 Fällen wurde ein Spongiosatransplantat zusätzlich eingelagert.

Die atrophen und die Defektpseudarthrosen verlangen neben der Erzielung einer stabilen Kompressionsosteosynthese die Implantation von Spongiosa zur Anregung eines osteogenen Reizes (CECH et al. 14; MÜLLER et al. 74; WESSINGHAGE et al. 108). Bei 17 von 22 atrophen Pseudarthrosen wurde zusätzlich Spongiosa angelagert. 9 von 22 dieser Pseudarthrosen erhielten ein Spongiosatransplantat unter Belassung der bestehenden Osteosynthese.
Von 9 Defektpseudarthrosen wurden 8 mit Spongiosa behandelt, 7 dieser Pseudarthrosen waren infiziert, 4 davon füher offen.

Unter 72 Pseudarthrosen erfolgte für die eigentliche Behandlung 32 mal ein Verfahrenswechsel.
Nur in 5 Fällen konnte eine Plattenosteosynthese in eine Nagelosteosynthese umgewandelt werden. Gründe gegen eine Nagelosteosynthese waren vor allem kurz vorausgegangene oder bestehende Infekte (18 mal), anatomische Gründe, wie offene Wachstumsfugen (1 mal), Osteogenesis imperfecta (1 mal), nicht ausgeheilte Schenkelhalsfrakturen am gleichen Femur (2 mal) und Plattenbrüche vor Ablauf eines halben Jahres (6 mal).
Jedoch wurden 13 intramedulläre Osteosynthesen in Plattenosteosynthesen umgewandelt, davon wegen Infekt 4 mal, wegen gleichzeitig erforderlicher Stellungskorrektur 4 mal, noch offene Wachstumsfugen 1 mal, aus topographisch-anatomischen Gründen, wie Pseudarthrose im Grenzbereich mittleres Drittel des Femurs zum proximalen bzw. distalen Drittel 3 mal und nicht ausgeheilte Schenkelhalsfraktur am gleichen

Femur 1 mal.

Die durchschnittliche Dauer der abschließenden Behandlung lag bei 8 Wochen Krankenhausaufenthalt. HARDT (29) gibt als Vergleich 11 Wochen an. Eine früher offen gewesene Fraktur verlängerte die stationäre Behandlung statistisch um durchschnittlich 2 Wochen.

Die Dauer der Arbeitsunfähigkeit betrug für die 71 Fälle durchschnittlich 6,3 Monate. HARDT (29) nennt als Vergleichszahl für 12 Fälle 5,2 Monate.

Die Aufteilung der Fälle nach den jeweils verwendeten Implantaten ergibt, daß die mit einem Marknagel mit Aufbohren versorgten Pseudarthrosen des mittleren Femurschaftes überwiegend ein gutes bis sehr gutes Ergebnis lieferten; hingegen die mittels Druckplattenosteosynthese behandelten Pseudarthrosen im mittleren Drittel und im Grenzbereich nach distal und proximal mit befriedigend bis gut einzustufen waren (n= 26 in Gruppe I und II bzw. n=16 in Gruppe II und III). Nach Abzug der Anzahl der Infektpseudarthrosen ergibt sich ein ähnliches Resultat (n=26 in Gruppe I und II bzw. n=16 in Gruppe II und III).

Die Zusammenstellung der Fälle nach dem Therapieerfolg besagt, daß 75% mit einem guten bis sehr guten Resultat abgeschlossen werden konnten (unter Einbeziehung der Infektpseudarthrosen waren es 65%).

Folglich kann in Übereinstimmung mit den Angaben in der Literatur (CECH et al. 14; HOLZ 31; KNAPP 39; KNAPP et al. 40; KRAUSS et al. 42; KÜNTSCHER 51; MATZEN 67; MÜLLER et

al. 74; SCHLOSSER et al. 88; WELLER 101, 103, 104, 105; WESSINGHAGE et al. 108; WITT 110) gesagt werden, daß die Anwendung des Marknagels zur Therapie der Pseudarthrose im mittleren Femurschaftdrittel empfohlen werden kann, die Druckplatte überwiegend den Sonderfällen vorbehalten werden soll. 'Wobei jedoch, je nach Erfahrung des Operateurs Ausnahmen gelten mögen', schreibt WITT (107) in seiner 'Behandlung der Pseudarthrosen' und 'jede Pseudarthrose individuell behandelt werden sollte'.

7. ZUSAMMENFASSUNG

An der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen wurden in den Jahren 1969 bis 1979 71 Patienten mit Pseudarthrosen im mittleren Femurschaftdrittel behandelt.

Als Pseudarthrose wird ein Zustand der Nichtausheilung einer Knochenfraktur nach 4 bis 8 Monaten bezeichnet.
Es werden unterschieden die hypertrophe Pseudarthrose, zu ihrer Ausheilung genügt die Erzielung interfragmentärer Stabilität. Die atrophe und die Defektpseudarthrose verlangen zusätzlich die Implantation einer Spongiosaplastik, um den Substanzverlust auszugleichen bzw. die Osteogenese anzuregen. Beim Vorliegen eines Infektes der genannten Pseudarthrosen ist dieser ergänzend zu behandeln, vorwiegend lokal mittels einer Spül-Saug-Drainage.

Die Angaben über die Häufigkeit der Femurpseudarthrosen in der Literatur liegen zwischen 0,15 und 6,5 %. In unserem Krankengut fand sich ein Anteil von 0,2 % (n=20 von 10210 Fällen der Jahre 1977 bis 1978).

Die durchschnittliche Dauer der abschließenden stationären Behandlung lag im Vergleich mit einer Publikation von HARDT (29) (11 Wochen) bei 8 Wochen. Dieser Zeitabschnitt verlängert sich bei einer früher offen gewesenen Fraktur um 2 Wochen.

Die Dauer der Arbeitsunfähigkeit betrug hier für 71 Fälle 6,3 Monate. HARDT (29) gibt für 12 Fälle 5,2 Monate an.

Eine Abhängigkeit zwischen dem Alter des Patienten und der röntgenologischen Konsolidierungsdauer einer Pseudarthrose konnte nicht nachgewiesen werden.

Das Kniegelenk erleidet beim Vergleich der prae- und postoperativen Beweglichkeit die größte Funktionseinbuße bezogen auf die Nachbargelenke.

Im Verlauf der letztlich sanierenden Behandlung wurde ein Marknagel in 29 Fällen implantiert (davon keine Infektpseudarthrose).
21 Pseudarthrosen wurden mit einer Druckplattenosteosynthese zur Ausheilung gebracht (und 12 infizierte Pseudarthrosen).
35 von 41 hypertrophe Pseudarthrosen wurden durch eine stabile Osteosynthese zur Ausheilung gebracht, eine war infiziert.
17 von 22 atrophe Pseudarthrosen wurden neben der Osteosynthese mit Spongiosa versorgt, 12 von 22 waren infiziert und wurden lokal mit einer Spül-Saug-Drainage behandelt.
Von 9 Defektpseudarthrosen wurden 8 Spongiosa eingelagert, hiervon waren 7 infiziert und 4 früher offen gewesen.

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung konnten 75 % der Fälle (62 % unter Berücksichtigung der Infektpseudarthrosen) in die Gruppen I und II eingestuft werden, das bedeutet ein sehr gutes bis gutes Ergebnis.

Die vorliegende Untersuchung erbrachte für die mit einem Marknagel versorgten Pseudarthrosen (Gruppen I und II, n=26) im Gegensatz zu denjenigen mit einer Druckplatte versorgten (Gruppen II und III, n=16), eine gute bis sehr gute Einstufung.

In Übereinstimmung mit der Literatur zeigte der Marknagel auch bei dieser Untersuchung seine Überlegenheit in der Behandlung der Pseudarthrosen des mittleren Femurschaftdrittels, unter der Voraussetzung, daß keine weiteren Behandlungsmaßnahmen erforderlich sind. Anderenfalls muß einer Therapie mit der Druckplatte den Vorzug gegeben werden.

LITERATURVERZEICHNIS

1. ARENS, W.:
Die Behandlung der eiternden Falschgelenkbildung der langen Röhrenknochen.
Hefte Unfallheilk. 94, 35 - 38 (1968)

2. AUBIGNE, M. d':
Traitement des pseudarthroses diaphysaires.
Schweiz. med. Wschr. 93, 276 - 278 (1963)

3. AXHAUSEN, W.:
Die Behandlung der verzögerten und der ausgebliebenen Knochenbruchheilung mit der freien Knochenverpflanzung.
Langenbecks Arch. klin. Chir. 325, 825 - 834 (1969)

4. BAUER, K.H.:
Das Aufsplitterungsverfahren bei Pseudarthrosen.
Chirurg 3, 993 - 995 (1931)

5. BECK, A.:
Die Behandlung der Pseudarthrosen mit der Knochenbohrung.
Zbl. Chir. 58, 2802 - 2810 (1931)

6. BERGMANN, E.:
Über Pseudarthrosen.
Dtsch. med. Wschr. 16, 609 - 611 (1933)

7. BIER, A.:
Die Bedeutung des Blutergusses für die Heilung des Knochenbruches. Heilung von Pseudarthrosen und von verspäteter Kallusbildung durch Bluteinspritzung.
Med. Klin. 1, 6 - 7 (1905) und
Med. Klin. 2, 34 - 36 (1905)

8. BÖHLER, L.:
Die Technik der Knochenbruchheilung.
Wien: Maudrich 1954 - 1963, 12. - 13. Aufl.

9. BÖHLER, L.:
Die Verhütung der Pseudarthrosen.
Hefte Unfallheilk. 94, 77 - 82 (1968)

10. BRANDES, M.:
Zur Behandlung von Pseudarthrosen und verzögerter Konsolidation nach Frakturen.
Zschr. Orth. Grenzg. 70, 99 - 120 (1940)

11. BURRI, C.:
Chirurgische Behandlung infizierter Knochendefekte.
Langenbecks Arch. klin. Chir. 330, 54 - 78 (1971).

12. BURRI, C.:
Posttraumatische Osteitis.
Bern, Stuttgart, Wien: Huber 1974

13. CECH, O.:
Verzögerte Knochenbruchheilung - Pseudarthrose.
Therapiewoche 20, 1322 - 1326 (1970)

14. CECH, O., B. G. WEBER:
Pseudarthrosen.
Bern, Stuttgart, Wien: Huber 1973

15. CONTZEN, H.:
Klinik der posttraumatischen Osteomyelitis.
Therapie der posttraumatischen Osteomyelitis.
Ber. Unfallmed. Tagung, Murnau 77 (1970)

16. COTTA, H.:
Besondere Probleme bei der Pseudarthrosenbehandlung.
Hefte Unfallheilk. 94, 63 - 67 (1968)

17. COTTA, H.:
Orthopädie. Ein kurzgefaßtes Lehrbuch.
Stuttgart: Thieme 1978

18. DANIS, R.:
Théorie et Practique de l' Osteosynthèse.
Paris: Masson 1949

19. DEBRUNNER, A., O. CECH:
Behandlung der infizierten Osteosynthese und Pseudarthrosen mit Hilfe der äußeren Fixation.
In: Hierholzer, G. und J. Rehn: Die posttraumatische Osteomyelitis. Int. Sympos. Bochum 1969
Stuttgart: Schattauer 1970

20. DÜRR, W.:
Pseudarthrosenentstehung infolge unzureichender Osteosynthesen.
Chirurg 4, 192 - 194 (1968)

21. DÜRR, W.:
Pseudarthrosen nach Osteosynthesen.
Hefte Unfallheilk. 94, 69 - 70 (1968)

22. FEHR, A.M.:
Die Behandlung der Pseudarthrose und ihre Ergebnisse.
Helvet. Chir. Acta 20, 355 - 382 (1953)

23. FELSENREICH, F.:
Pseudarthrosenbehandlung durch ' Trepanbohrung '.
Zbl. Chir. 61, 440 - 447 (1934)

24. FENGLER, A.:
Infektpseudarthrosen des Tibiaschaftes.
Inaugural - Dissertation Tübingen 1976

25. GÖPPERT, H.:
Die infizierte Schaftpseudarthrose.
Hefte Unf. Heilk. 94, 31 - 38 (1968)

26. GREIFENSTEINER, H.:
Die operative Behandlung der Unterschenkelpseudarthrose und Unterschenkelbrüche mit verzögerter Kallusbildung unter besonderer Berücksichtigung der Kompressionsosteosynthese.
Bruns' Beitr. klin. Chir. 187, 219 - 246 (1953)

27. HACKETHAL, K.H.:
Die Bündelnagelung.
Arch. klin. Chir. 298, 1001 - 1008 (1961)

28. HAMPERL, H.:
Lehrbuch der allgemeinen Pathologie und der pathologischen Anatomie.
Berlin: Springer 1974

29. HARDT, J.:
Ergebnisse der Kompressionsosteosynthese bei 70 posttraumatischen Schaftpseudarthrosen langer Röhrenknochen aus den Jahren 1964 bis 1968.
Inaugural-Dissertation Berlin 1971

30. HOLMSTRAND, K.:
Biophysical Investigation of Bone Transplants.
Plast. reconstr. Surg. 19, 265 - 274 (1957)

31. HOLZ, U.:
Indikation zur Marknagelung.
Akt. traumatologie 6, 363 - 368 (1976)

32. JUDET, J. et R. JUDET:
L'Ostéogenèse et les Retards de Consolidation et les Pseudarthroses des Os longs.
8e Congrès International de Chirurgie Orthopédique et de Traumatologie. Imprimerie des Sciences, New York 1960, Bruxelles 1961

33. JUDET, R., J. JUDET et R. ROY - CAMILLE:
La Vascularisation des Pseudarthroses des Os longs d'après une Étude clinique et experimentale.
Rev. Chir. Orthop. 44, 381 - 401 (1958)

34. KAESSMAN, H.J., H.G. WEBER und G. HOPF:
Die Indikation zur Kompressionsnagelung.
Bruns' Beitr. klin.Chir. 217, 434 - 439 (1969)

35. KEIL, H.R.:
Betrachtung über Entstehung, Behandlung und Ergebnisse bei 54 nachuntersuchten Pseudarthrosen des Schienbeinschaftes.
Mschr. Unf. Heilk. 4, 143 - 158 (1968)

36. KEY, J.A.:
Positive Pressure in Arthrodesis for Tuberculosis of the Knee.
Sth. med. J. 25, 909 - 914 (1932)

37. KIRSCHNER, M. und O. NORDMANN:
Die Chirurgie.
Berlin: Urban & Schwarzenberg 1930

38. KIRSCHNER, P., F. KOUDSI und U. WITZEL:
Ergebnisse nach Marknagelung am Femur.
Akt. traumatologie 6, 399 - 401 (1976)

39. KNAPP, U.:
Marknagelung bei Schaftpseudarthrosen.
Akt. traumatologie 6, 381 - 386 (1976)

40. KNAPP, U. und S. WELLER::
Die Marknagelung bei verzögerter Knochenbruchheilung und Pseudarthrose im Schaftbereich von Femur und Tibia.
Unfallheilkunde 79, 257 - 261 (1976)

41. KOCH, H., F. NEURATH und V. SCHLOSSER:
Experimentelle Untersuchungen zur Entstehung von Pseudarthrose und Spontanfraktur im Cerclagenbereich.
Hefte Unfallheilk. 94, 74 - 77 (1968)

42. KRAUSS, H., L. KOSLOWSKI und S. WELLER:
Die Marknagelung von Ober- und Unterschenkelbrüchen.
Dtsch. med. Wschr. 90, 681 - 684 (1965)

43. KÜNTSCHER, G.:
Die Marknagelung von Knochenbrüchen.
Klin. Wschr. 33, 833 - 835 (1940)

44. KÜNTSCHER, G.:
Die Marknagelung der Pseudarthrose.
Mschr. Unfallheilk. 52, 1 - 25 (1949)

45. KÜNTSCHER, G.:
Das Aufweiten der Markhöhle bei der Behandlung von Pseudarthrosen und der frischen Fraktur.
Chirurg 25, 209 - 213 (1954)

46. KÜNTSCHER, G.:
Die Behandlung der Pseudarthrose.
Chir. Praxis 1, 63 - 68 (1958)

47. KÜNTSCHER, G.:
Der Heilungsvorgang bei der Pseudarthrose.
Zbl. Chir. 84, 49 - 56 (1959)

48. KÜNTSCHER, G.:
Die Marknagelung.
Berlin, Heidelberg: Stuttgart 1962

49. KÜNTSCHER, G.:
Praxis der Marknagelung.
Stuttgart: Schattauer 1962

50. KÜNTSCHER, G.:
Die Behandlung der ' total verdorbenen Fraktur '.
Chirurg 36, 1. Heft, 25 - 29 (1965)

51. KÜNTSCHER, G.:
Die Behandlung der Pseudarthrose mittels geschlossener Marknagelung.
Arch. Klin. Chir. 325, 959 - 965 (1969)

52. KUNER, E.H., F. WEYAND und B. DOMRES:
Zur Leistungsfähigkeit autologer Spongiosa bei der Behandlung knöcherner Defekte.
Mschr. Unfallheilk. 75, 189 - 202 (1972)

53. LAMBOTTE, A.:
Le Traitement des Fractures.
Paris: Masson 1907

54. LAMBOTTE, A.:
Chirurgie opératoires des Fractures.
Paris: Masson 1913

55. LECHER, W.:
Die Behandlung von Defekt- und Mehrfach-Pseudarthrosen.
Hefte Unfallheilk. 94, 67 - 68 (1968)

56. LEGER, L. und M. NAGEL:
Chirurgische Diagnostik.
Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1978

57. LEXER, E.:
Die freien Transplantationen.
Stuttgart: Enke 1969

58. LEXER, E.:
Über die Entstehung von Pseudarthrosen nach Frakturen und Knochentransplantationen.
Langenbecks Arch. Chir. 135, 520 - 534 (1925)

59. LEXER, E.:
20 Jahre Transplantatforschung in der Chirurgie.
Arch. klin. Chir. 138, 251 - 263 (1925)

60. LEXER, E.:
Operationen bei Pseudarthrosen.
Münch. med. Wschr. 826, 38 - 83 (1933)

61. MAATZ, R.:
Die Knochentransplantationen.
Verh. Dtsch. Orthop. Ges., 43. Kgr. Beil. Z.
Orthop. 87, 44 - 51 (1956)

62. MAATZ, R.:
Leistung und Grenzen des Kieler Spans.
Melsunger med. Mittlg. 100, 2494 - 2503 (1963)

63. MAATZ, R., W. LENZ and R. GRAFT:
Spongiosatest of Bone Grafts for Transplantation.
J. Bone Jt. Surg. 36 - A, 721 - 731 (1954)

64. MATTHIJSEN, A.:
In: BRUNS, P.: Die Lehre von Knochenbrüchen.
Stuttgart: Enke 1886

65. MATTI, A.:
Die Knochenbrüche und ihre Behandlung.
Berlin: Springer 1931

66. MATZEN. P.F.:
Vom Einfluß mechanischer Wirkungen auf die
Kallusbildung.
Bruns' Beitr. Chir. 184, 147 - 179 (1952)
188, 78 - 97 (1954)

67. MATZEN, P.F.:
Der Marknagel in der Pseudarthrosenbehandlung.
Zbl. Chir. 78, 1624 - 1638 (1953)

68. MATZEN, P.F.:
Verzögerte Bruchheilung und Pseudarthrosen-
entstehung im Femurschaftbereich.
In: HOHMANN, G., M. HACKENBROCH und K. LINDEMANN:
Handbuch der Orthopädie, Band IV, Teil I
Stuttgart: Thieme 1961

69. MÜLLER, J. und R. SCHENK:
Experime ntelle Untersuchungen über die Heilungs-
vorgänge bei Pseudarthrosen.
Helv. chir. Acta 40, 253 - 257 (1973)

70. MÜLLER, M.E.:
Internal Fixation of Fractures and for Nonunions.
Proc. roy. Soc. Med. 56, 455 - 460 (1963)

71. MÜLLER, M.E.:
Treatment of Nonunions by Compression.
Clinical Orthopeadics 43, 83 - 92 (1966)

72. MÜLLER, M.E. und M. ALLGÖWER:
Zur Behandlung der Pseudarthrose.
Helv. chir. Acta 25, 356 - 364 (1958)

73. MÜLLER M.E. und S.M. PERREN:
Callus und primäre Knochenheilung.
Mschr. Unfallheilk. 75, 442 - 454 (1972)

74. MÜLLER, M.E., M. ALLGÖWER und H. WILLENEGGER:
Manual der Osteosynthese. AO - Technik.
Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1977

75. MUHR, G., H. TSCHERNE, O. TRENTZ und N. HAAS:
Die Osteosynthese mit Marknagelung und zusätzlichen Drahtumschlingungen bei Oberschenkelschaftbrüchen.
Akt. traumatologie 6, 387 - 392 (1976)

76. PAUL, D., K. KÜHNEL und C. MÜLLER:
Spätergebnisse der konservativen Behandlung von Unterschenkelfrakturen.
Arch. orth. Unfall Chir. 66, II, 156 - 166 (1969)

77. PAUWELS, F.:
Der Schenkelhalsbruch, ein mechanisches Problem.
Stuttgart: Enke 1935

78. PAUWELS, F.:
Grundriß und Biomechanik der Frakturheilung.
Verh. dtsch. orthop. Ges., 34. Kongreß Berlin 1940

79. PHEMISTER, D.B.:
Treatment of Pseudarthrosis by Simple Bone Graft without Removal of Callus.
J. internat. Chir. 8, 713 (1948)

80. REHN, J.:
Die posttraumatische Pseudarthrose, ihre Entstehung und Therapie.
Hefte Unf. Heilk. 94, 5 - 15 (1968)

81. REHN, J.:
Pseudarthrosen nach operativer Knochenbruchbehandlung.
Mschr. Unfallheilk. 75, 203 - 212 (1972)

82. RUEDI, T.H. und M. ALLGÖWER:
Richtlinien der Schweizerischen AO für die Nachbehandlung operativ versorgter Frakturen.
Bulletin 1975

83. SANDER, E. und G. STAUDE:
Ursachen und Behandlung der Pseudarthrosen langer Röhrenknochen.
Zbl. Chir. 93, 680 - 689 (1968)

84. SARFERT, D., H. WEIGAND und H.D. STRUBE:
Der Korrektureingriff mit dem Marknagel nach Platten- und Schraubenosteosynthesen an Ober- und Unterschenkel.
Akt. traumatologie 7, 27 - 34 (1977)

85. SCHARIZER, E.:
Die Entwicklung der modernen Unfallchirurgie.
Hefte Unfallheilk. 79, 1 -8 (1964)

86. SCHENK, R.K., J. MÜLLER und H. WILLENEGGER:
Experimentell- histologischer Beitrag zur Entstehung und Behandlung von Pseudarthrosen.
Hefte Unfallheilk. 94, 15 - 24 (1968)

87. SCHLOSSER, V.:
Beitrag zur Pathogenese und Therapie Pseudarthrosen langer Röhrenknochen.
Hefte Unfallheilk. 94, 57 - 60 (1968)

88. SCHLOSSER, V. und K. KÖRNER:
Die Pseudarthrose langer Röhrenknochen im Lichte moderner Behandlungsverfahren.
Fortschr. Med. 85, 239 - 242 (1967)

89. SCHMELZEISEN, H.:
Behandlung und Ergebnisse bei infizierten Pseudarthrosen.
Mschr. Unfallheilk. 76, 437 - 445 (1973)

90. SCHRAMM, W.:
Über die kombinierte Anwendung von Osteosynthesen und autoplastischer Spongiosatransplantate bei bestimmten Pseudarthrosenformen.
Hefte Unfallheilk. 94, 38 - 41 (1968)

91. SCHRAMM, W.:
Klinische und tierexperimentelle Untersuchungen über die Transplantation autoplastischer Spongiosa.
Beihefte Unfallheilk. 104 (1970)

92. SCHWEIBERER, L.:
Experimentelle Untersuchungen von Knochentransplantaten mit unveränderter und mit denaturierter Knochengrundsubstanz.
Hefte Unfallheilk. 103, 1 - 70 (1970)

93. SCHWEIBERER, L., T. BÖS und P. POEPLAU:
Verzögerte Bruchheilung.
Akt. traumatologie 4, 163 - 173 (1974)

94. SCHWEIBERER, L., F. KLAPP und H. CHEVALIER:
Platten- und Schraubenosteosynthesen bei Frakturen und Pseudarthrosen des Ober- und Unterschenkels.
Chirurg 46, 155 - 160 (1975)

95. SEGMÜLLER, G., O. CECH und A. BEKIER:
Die osteogene Aktivität im Bereich der Pseudarthrosen langer Röhrenknochen.
Zschr. Orthop. Grenzg. 106, 3. Heft 599 - 609 (1969)

96. SPIER, W.:
Pseudarthrose und Nagelbruch bei Markraumschienung.
Hefte Unfallheilk. 94, 73 - 74 (1968)

97. STÖHR, CH.:
Die Behandlung der Falschgelenkbildungen bei Oberschenkelschaftbrüchen.
Hefte Unfallheilk. 94, 60 - 62 (1968)

98. THIELE, K.:
Schienbeinkopfbrüche, Bruchformen, Behandlung, Spätergebnisse bei 486 Fällen.
Hefte Unfallheilk. 95 (1968)

99. THURN, P. und E. BÜCHELER:
Einführung in die Röntgendiagnostik.
Stuttgart: Thieme 1977

100. VOORHOEVE, A. und H.O. STERNEMANN:
Beitrag zur Behandlung von Kombinationsfrakturen des Oberschenkels.
Mschr. Unfallheilk. 76, 376 - 380 (1973)

101. WELLER, S.:
Behandlungsprinzipien von Pseudarthrosen.
Chirurg 10, 445 - 448 (1967)

102. WELLER, S.:
Gedanken zur konservativen und operativen Frakturbehandlung.
Mschr. Unfallheilk. 70, 233 - 242 (1967)

103. WELLER, S.:
The Significance of Stable Osteosynthesis in the Treatment of Pseudarthrosis.
Arch. klin. Chir. 325, 815 - 825 (1969)

104. WELLER, S.:
Knochenmarknagelung.
8. Internationales Symposium über die Probleme der orthopädischen Chirurgie (26. bis 28.1.78 in Luzern).

105. WELLER, S. und J. RENNE:
Grundsätzeliche Fehler und Komplikationsmöglichkeiten der Marknagelung.
Chirurg 44, 533 - 538 (1973)

106. WELLER, S. und F. SCHAUWECKER:
Für und Wider die Indikation zur Drahtumschlingung bei Schaftbrüchen.
Act. traumatologie 1, 43 - 46 (1971)

107. WENZEL, K.P.:
Behandlungsergebnisse operierter Olecranonfrakturen.
Mschr. Unfallheilk. 11, 493 - 497 (1968)

108. WESSINGHAGE, D. und M. SARVESTANI:
Die Pseudarthrosen.
Therapiewoche 26, 2825 - 2832 (1976)

109. WILLENEGGER, H., S.M. PERREN und R. SCHENK:
Knochenregeneration und Transplantation, primäre und sekundäre Knochenbruchheilung.
Chirurg 42, 241 - 251 (1971)

110. WITT, A.N.:
Die Behandlung der Pseudarthrosen.
Berlin: De Gruyter 1952

111. WITT, A.N.:
Wandlungen in der Behandlung der verzögerten Kallusbildung und Pseudarthrosen der langen Röhrenknochen.
Verh. Dtsch. Orthop. Ges., Beilh. Z. Orthop. 97, 131 - 338 (1963)

112. WITT, A.N. und G. FRIEDEBOLD:
Verletzungen der Knochen und Gelenke.
In: Klinische Chirurgie für die Praxis, Band IV.
Herausgegeben von: Diebold, O., H. Junghans und L. Zugschwedt. Stuttgart: Thieme 1966

113. WITT, A.N.
Die Defektpseudarthrose.
Hefte Unfallheilk. 94, 24 - 31 (1968)

LEBENSLAUF

Am 26. Juli 1948 wurde ich, Jürgen Kratzenstein, als Sohn des Steuerberaters Berthold Kratzenstein und seiner Ehefrau Susanne geb. Kast in Hahausen, Kreis Bad Gandersheim (Land Niedersachsen) geboren.

Die Grundschule besuchte ich in Neuenbürg / Schwarzwald und in Reutlingen, das Gymnasium in Reutlingen. Im Frühjahr 1968 bestand ich die Reifeprüfung am mathematisch-naturwissenschaftlichen Johann-Kepler-Gymnasium in Reutlingen.

Studium der Human- und Zahnmedizin ab dem Wintersemester 1970/71 an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen. Hier absolvierte ich Anfang 1973 die ärztliche Vorprüfung, am 5. Juli 1976 die ärztliche Prüfung, am 19. Oktober 1979 die zahnärztliche Prüfung. Die Approbation zum Arzt erhielt ich am 1. September 1977, die Bestallung als Zahnarzt am 29. Oktober 1979. Der Grad des Doktors der Medizin wurde mir am 19. Januar 1977 verliehen. Seither ärztliche und zahnärztliche Tätigkeit und Weiterbildung zum Arzt für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie.